Plantaciones forestales mixtas y puras de zonas tropicales y subtropicales

Basado en los trabajos de
T.J. Wormald

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-30
ISBN 92-5-303216-2

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1995

PROLOGO

"Las plantaciones forestales corresponden aproximadamente al 3 por ciento de las superficies arboladas actuales pero contribuyen a la producción mundial de madera en una proporción muy superior"[1]. En algunos países tropicales, las plantaciones son la principal fuente de productos madereros y en otros se consideran incluso como fuentes de suministro de madera alternativas al bosque natural, al que protegen, así, de la sobreexplotación. Se establecen también plantaciones para proporcionar abrigo al ganado y para impedir la erosión eólica e hídrica, así como para obtener un conjunto de productos forestales no madereros. Recientemente, se ha propuesto la creación de plantaciones para que absorban dióxido de carbono, con la finalidad de reducir el recalentamiento de la tierra producido por el efecto de invernadero. Una de las recomendaciones del Décimo Congreso Forestal Mundial resumía así los objetivos de las plantaciones: "un aumento importante de las superficies forestales plantadas resulta ser una necesidad absoluta para satisfacer una demanda creciente de productos leñosos, con objeto de limitar la presión sobre los ecosistemas forestales naturales y para fijar el gas carbónico".

No obstante, las plantaciones forestales han sido objeto de críticas, a pesar de los beneficios que pueden reportar. La rápida expansión de las plantaciones industriales en los últimos cuarenta años ha suscitado en ocasiones fuertes reacciones adversas. Prácticamente en todos los casos dichas plantaciones están formadas tan sólo por algunas especies y, en general, en los diversos tramos por una sola especie de árboles de la misma edad. En ocasiones, al crearse esas plantaciones la población local pierde el derecho de acceso al lugar, o se sustituyen especies de las que depende en parte su vida cotidiana; en muchos casos las operaciones de desmonte y la quema de los residuos causan erosión. Son muchos los que consideran que dichas plantaciones, aun en la fase de madurez, tienen un aspecto artificial. En algunos países de la zona templada se afirma que en determinadas situaciones aumenta la acidez de los flujos de agua y en otros países se cree que la productividad de la estación disminuye en la segunda rotación y en las subsiguientes. La causa más evidente de esos problemas es la composición y estructura artificiales de los amplios tramos formados por una o algunas especies coetáneas, y a primera vista parece que la solución estriba en plantar una mezcla de diversas especies y edades.

La utilización creciente de especies del género *Eucalyptus* suscitó una situación similar, de opiniones críticas por un lado y de importantes beneficios potenciales por otro. En 1985, la Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI) encargó a la FAO que preparara un estudio[2] para examinar la información disponible sobre los efectos ecológicos de las plantaciones de *Eucalyptus*, estudio que se plasmó en un informe fiable del estado de la cuestión en ese momento. El presente estudio y la amplia bibliografía comentada que lo complementa se han realizado por encargo de la Agencia Sueca para la Cooperación en Materia de Investigación en los Países en Desarrollo (SAREC), con la finalidad de analizar de forma objetiva los argumentos en favor y en contra del establecimiento de plantaciones formadas por varias especies, frente a las plantaciones de una sola especie.

[1] Declaración de París. Décimo Congreso Forestal Mundial, París, 17-26 de septiembre de 1991.

[2] "The ecological effects of Ecalyptus", de M.E.D.Poore y C.Fries. Estudio FAO: Montes, 59. 1985.

La FAO está en deuda con el Sr. T.J. Wormald, a quien corresponde la responsabilidad global de la realización del estudio, y con el Sr. J. Cedergren y la Sra. F. Goulet, que realizaron la mayor parte del trabajo de documentación utilizando las publicaciones existentes. Ha de expresar también su gratitud a los Sres. G. B. Applegate, C. Cossalter, R. Delmastro, S. T. Mok, F. Owino, A. Persson y J. L. Whitmore que, junto con muchas otras personas de todo el mundo, hicieron valiosas observaciones sobre el borrador del estudio. Se ha de agradecer la colaboración que prestaron para la recopilación de la bibliografía, el Director, el bibliotecario y el personal del Oxford Forestry Institute (OFI, Reino Unido) y el Director y el personal del Centre Technique Forestier Tropical (CTFT, Francia), que fue de un valor inapreciable. De la coordinación del estudio en la FAO se ha encargado J. B. Ball, con la colaboración de G. S. Child, W. C. Ciesla, S. Darroze, K. Janz, C. Palmberg-Lerche, W. A. Rodgers, P. Vantomme y P. A. Wardle.

Cabe esperar que el presente estudio sea de utilidad para los técnicos forestales y para otras personas que están involucradas en el desarrollo forestal en los trópicos y subtrópicos, para ayudarles a decidir, con criterios técnicos y económicos adecuados, la composición de especies de las plantaciones forestales y, asimismo, a calibrar en su justa medida las afirmaciones dogmáticas o exageradas en favor o en contra de las plantaciones formadas por una sola o por múltiples especies.

J. P. Lanly
Director de
Recursos Forestales
Departamento de Montes

INDICE

		Página
1.	**INTRODUCCION**	1
	Antecedentes	1
	Objetivos del estudio	2
	Ambito del estudio	2
	Importancia de los objetivos de ordenación	3
	La buena práctica forestal	4
	Definiciones de "mezcla"	5
	La importancia de las plantaciones monoespecíficas	6
2.	**LOS ECOSISTEMAS FORESTALES**	8
3.	**EL IMPACTO AMBIENTAL**	11
	3.1 SUELOS	**11**
	Características del suelo	11
	Modificaciones de los parámetros de la estación que hacen que disminuya el rendimiento en la segunda rotación	13
	La función de las mezclas de especies en la ordenación del suelo	18
	Conclusiones acerca de los suelos	19
	3.2 EL CLIMA Y LA CONTAMINACION	**20**
	El cambio climático	20
	Depósitos de CO_2	22
	Los microclimas	23
	La contaminación	23
	3.3 LOS INCENDIOS	**24**
	3.4 CONSERVACION DE LOS RECURSOS ZOOGENETICOS Y FITOGENETICOS	25
	Consideraciones generales	25
	Conservación de la biodiversidad	26
	Ordenación de la vida silvestre	28
	Conclusiones acerca de la conservación de los recursos zoogenéticos y fitogenéticos	31
	3.5 INSECTOS Y ENFERMEDADES	**32**
	Estabilidad de los ecosistemas forestales	32
	Puntos de vista enfrentados	34
	Función de las plantaciones mezcladas	36
	Conclusiones sobre los insectos y enfermedades	39
	3.6 CONCLUSIONES SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL	**40**

4. **PRODUCTOS Y SERVICIOS NO INDUSTRIALES** 42

Usos no comerciales 42
Leña y postes 43
Forraje 43
Rehabilitación de lugares degradados 44
Cortinas protectoras y cortavientos. 44
Plantaciones urbanas y periurbanas 45
Algunos ejemplos de plantaciones no industriales 45
Conclusiones sobre los productos y servicios no industriales 47

5. **EL MANEJO DE LAS MEZCLAS** 48

Clasificación de las mezclas 48
Criterios silvícolas para el establecimiento satisfactorio de las mezclas 52
Métodos de establecimiento de las mezclas 53
Requisitos del manejo de las mezclas 54
Algunos ejemplos de mezclas de especies 55
Conclusiones acerca del manejo de las mezclas 58

6. **RENDIMIENTOS** 60

América del Norte y zona templada de Asia 60
Europa 61
Los trópicos 63
Conclusiones acerca del rendimiento 65

7. **LOS ASPECTOS ECONOMICOS** 66

La economía de las mezclas de especies 67
La experiencia en la zona templada 68
La experiencia de las zonas tropicales 69
Beneficios y pérdidas a largo plazo 70
Evaluación de riesgos 70
Conclusión sobre los aspectos económicos 72

8. **CONCLUSIONES PRINCIPALES** 73

Plantaciones en los trópicos y subtrópicos 73
Disminución de los rendimientos de madera 73
Importancia del sitio y de los objetivos 74
Riesgos 74
Sinergia 75
Tipos de plantaciones 75
Conservación de la flora y fauna silvestres 76

9. RECOMENDACIONES 78

Los objetivos de las plantaciones 78
Adaptación al lugar de las especies y de los sistemas de manejo 78
Situaciones en las que están indicadas las mezclas de especies 78
Vigilancia del crecimiento 79
Investigación 79
Análisis económico 80

APENDICES

1. Bibliografía comentada 81

2. Suelos 129

3. Mezclas de especies 141

4. El Sándalo 159

5. Fotografías 162

1. INTRODUCCION

Antecedentes

Según los cálculos realizados en 1980, las plantaciones forestales de todo el mundo ocupaban 100 millones de hectáreas, de las cuales unos 35 millones se encontraban en los países en desarrollo; 10 millones de ha aproximadamente correspondían a los países tropicales, que dedicaban al establecimiento de nuevas plantaciones 1,1 millones de ha anuales (Lanly, 1982, FAO, 1988). Si bien es cierto que esta tasa de forestación y de repoblación forestal era mucho más reducida que la de las zonas subtropicales y templadas, es probable que aumente, pues muchos países intentan compensar la pérdida de bosques naturales. Dado el elevado rendimiento potencial de las plantaciones de los trópicos (y subtrópicos), su contribución a la producción de madera debe ser proporcionalmente mucho mayor que su superficie. Alrededor del 40 por ciento de las plantaciones ya existentes o que están proyectadas se han establecido para la producción de leña y para otros fines no industriales (Lanly, 1982), pero el resto se dedica a la producción de madera en rollo industrial. Este último tipo de plantaciones son sencillas tanto por lo que respecta a su estructura como a la composición de especies; se ha señalado (Evans 1982), que determinadas especies arbóreas colonizadoras, como diversas especies de *Ecalyptus*, el pino y la teca ocupan el 85 por ciento de la superficie de las plantaciones forestales de los trópicos.

Pese a los indudables beneficios que reportan las plantaciones industriales de madera en rollo, las plantaciones de una sola especie y, particularmente, los monocultivos -la sucesión de una masa pura por otra de la misma especie- comportan riesgos de desastres tales como la destrucción por causa del viento y las pérdidas por efecto de las plagas y las enfermedades, y la probabilidad de que sobrevenga la degradación del suelo y se reduzcan los rendimientos. La destrucción cada vez más rápida de los bosques naturales en los trópicos suscita un creciente temor de que el programa de plantaciones forestales pueda contribuir a degradar el medio ambiente. Sin embargo, en los países en desarrollo, el gran impulso que se dio a las plantaciones forestales a partir de comienzos de siglo y que se intensificó extraordinariamente en los años cincuenta, se centró en gran medida en las plantaciones de una sola especie, de rotación corta. Aunque la labor realizada ha sido muy importante con respecto a lo que se había hecho anteriormente, de hecho los logros alcanzados son escasos en comparación con la demanda prevista de madera en rollo industrial. Habitualmente, las rotaciones son de 20 a 30 años, raramente superan los 60 años y pueden ser de tan sólo 5 ó 6 años (por ejemplo el monte bajo *Eucalyptus globulus* en Etiopía; *Albizia falcataria*[1] en Sabah, Malasia oriental, y diversas especies de *Eucalyptus* en Brasil). Las plantaciones de segunda rotación son frecuentes y en algunas estaciones se han establecido rodales de tercera rotación. Gracias a los avances conseguidos en los campos de la fitogenética forestal y de las técnicas silvícolas es posible aumentar los rendimientos y las técnicas de propagación vegetativa hacen posible una rápida consolidación de esas mejoras. Sin embargo, existe también el peligro de que si no se actúa con prudencia esas técnicas puedan reducir la diversidad genética con miras al aprovechamiento y a las actividades de mejoramiento. Es necesario preguntarse si las actividades de plantación más intensivas entrañan riesgos inaceptables.

[1] Conocida anteriormente como *Albizia falcata* y *A. moluccana*, y ahora como *Paraserianthes falcataria*. A lo largo de este estudio se utiliza la denominación *Albizia falcataria*, que está más extendida entre los técnicos forestales.

Objetivos del estudio

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

- examinar y analizar los beneficios y perjuicios de las plantaciones mezcladas y puras en los trópicos y subtrópicos;
- verificar las experiencias de campo en relación con las plantaciones mezcladas y puras;
- determinar, si es posible, las normas que deben regir el establecimiento de plantaciones;
- sugerir directrices para el personal forestal de campo y los responsables de las políticas.

Este estudio se ha elaborado a partir de un detallado examen de las publicaciones existentes y de los contactos establecidos con técnicos forestales de todo el mundo. Sin embargo, las referencias documentadas de plantaciones mezcladas en los trópicos son escasas y desiguales, tanto por lo que respecta a la distribución geográfica como a la calidad. Por consiguiente, cuando se ha considerado pertinente se ha utilizado la experiencia relativa a las zonas templadas.

Esta publicación se dirige principalmente a los técnicos forestales a quienes incumbe la responsabilidad de planificar proyectos de plantación y, asimismo, al personal de campo de categoría superior y a los encargados de la adopción de decisiones a quienes corresponde dictar las normas detalladas para la gestión de las plantaciones. En segundo lugar, se dirige a los responsables de políticas, que también deben ser conscientes de las limitaciones de las plantaciones puras y de la función de las plantaciones mezcladas.

Ambito del estudio

Los trópicos constituyen una zona claramente definida que se extiende por el Ecuador. Ya sea que los límites se establezcan atendiendo a la latitud -los trópicos de Cáncer y de Capricornio-, a la temperatura media del mes más frío (18°C) o a la diferencia de temperatura entre el mes más frío y el más cálido (5°C), no varían mucho los países a los que se refiere el estudio. En cambio, las condiciones de crecimiento en esos países pueden ser muy diferentes: bosques hidrofíticos húmedos, desiertos, sabanas y climas frescos de montaña. En el estudio se incluye también a los subtrópicos, cuya definición es mucho más vaga desde el punto de vista geográfico. Se han incluido experiencias del Himalaya, el Africa austral y Chile y se ha analizado con cierto detalle la experiencia del sur de Australia porque muchos de los datos a favor y en contra del descenso del rendimiento de la segunda rotación proceden de esa zona. No se han examinado de forma pormenorizada las publicaciones correspondientes al norte de Africa y al sur de los Estados Unidos, aunque se han señalado algunos datos correspondientes a esas zonas cuando servían para colmar alguna laguna de conocimiento en la experiencia tropical. Se han utilizado también datos correspondientes a las zonas templadas para compensar las deficiencias de los que corresponden a la zona tropical, cuando se han considerado pertinentes. En la medida de lo posible, se han seleccionado publicaciones sobre los países en desarrollo; la disponibilidad de documentos publicados ha sido un factor fundamental para determinar qué países se incluían.

Se han establecido algunos límites técnicos. Han sido excluidos aquellos cultivos arbóreos que normalmente se considera que corresponden al sector agrario, como el caucho o la palma aceitera, e incluso aquéllos que crecen a la sombra de los árboles, como el té, el café o el cacao. Se han excluido también las mezclas que incluyen cultivos agrícolas que forman parte de los sistemas agroforestales porque de ellos se ocupa la extensa literatura existente sobre estos temas.

Este es un estudio de las plantaciones forestales, por lo que no se han tenido en cuenta las mezclas regeneradas de forma natural, excepto en tanto en cuanto las especies autóctonas de regeneración natural pueden aportar una mayor diversidad en masas establecidas de manera artificial. La plantación de enriquecimiento es una técnica para mejorar las masas naturales y en cuanto tal quedaría excluida del presente estudio, pero en muchos casos la distinción entre la plantación de enriquecimiento y la plantación de sustitución es realmente tenue. La plantación de enriquecimiento se utiliza para establecer especies deseadas en una matriz de árboles de formación natural. La tala selectiva de la masa natural puede hacer que dichas plantaciones se conviertan en una plantación pura. Esta técnica se ha utilizado para establecer algunos de los géneros de la familia de las meliáceas. Por ello, se analiza brevemente la plantación de enriquecimiento.

Se considera que la regeneración natural de las herbáceas y arbustos en las plantaciones arbóreas, ya sean de una sola o de varias especies, es uno de los beneficios de la mezcla de especies. Sin embargo, esos mismos arbustos y herbáceas pueden ser calificados de "malas hierbas" cuando interfieren con los árboles plantados, especialmente durante la fase de establecimiento.

Importancia de los objetivos de ordenación

Es de la máxima importancia tener unos objetivos claros para el establecimiento de la plantación y en ello se hace hincapié a lo largo de todo este estudio. Los objetivos determinarán en gran medida no sólo la forma en que se establecerá y ordenará la plantación, sino también las especies utilizadas. Si el objetivo principal es conseguir un producto uniforme, como ocurre habitualmente en el caso de un proceso industrial, puede que no resulten muy convenientes las plantaciones mezcladas, pero si la finalidad fundamental es proteger un sitio vulnerable, es posible que la mezcla de especies sea el procedimiento más adecuado y muchas técnicas idóneas para la producción industrial pueden resultar inaceptables. Cuando el sitio no es un factor condicionante, el producto o productos finales y la biología de las especies seleccionadas serán los factores que determinarán si son más convenientes las plantaciones mezcladas o las plantaciones puras.

La mayor parte de los estudios existentes analizan las mezclas de especies relativas a las plantaciones industriales. Pero en los países en desarrollo un elevado porcentaje de las plantaciones se establecen con fines "no industriales" (principalmente obtención de leña y postes) (FAO, 1988). En el Cercano Oriente, todas las plantaciones han sido calificadas como no industriales; en el Africa occidental saheliana más del 80 por ciento de las plantaciones son de carácter no industrial; en varias regiones, especialmente en el Africa oriental, el Africa insular (Madagascar y otras islas) y Asia sudoriental desde Myanmar a Viet Nam, más del 50 por ciento de las plantaciones tenían fines no industriales en 1980.

Cuadro 1: Superficie de plantaciones establecidas en 1980 (miles de ha)

	Industriales				No Industriales		Total
	Frondosas		Coníferas				
Africa	642	(21%)	659	(22%)	1 686	(56%)	2 987
Asia (excl. China)	2 891	(55%)	592	(11%)	1 759	(34%)	5 242
América del Sur	1 085	(28%)	2 322	(37%)	2 170	(35%)	5 877
Océano Pacífico	5		78	(89%)	5	(6%)	88
Total	4 623	(33%)	3 651	(26%)	5 620	(41%)	13 894

Fuente: FAO, 1988

Una gran parte de las actividades forestales de los trópicos y subtrópicos se realizan para obtener productos, como leña, para lo cual la uniformidad en cuanto al tamaño y las propiedades técnicas no revisten gran importancia. En esos casos puede ser conveniente la mezcla de especies.

Habitualmente, los proyectos de plantación tienen más de un objetivo. Existe la opinión generalizada de que en los proyectos de plantaciones industriales uno de los objetivos ha de ser el mantenimiento de la fertilidad de la estación. Probablemente, no se reconoce en la misma medida que la ordenación de un bosque de protección permitirá también obtener productos forestales y un rendimiento económico y cuando se ejerce presión sobre la tierra es extraordinariamente difícil proteger los bosques a menos que sea patente que están ordenados y son productivos. La producción, que ha de estar sujeta a una buena práctica forestal, es parte esencial de la ordenación activa y puede contribuir a satisfacer las necesidades de la población de las aldeas próximas a los bosques. Además, en muchos países en desarrollo se necesitan recursos para poder continuar las tareas de protección.

La buena práctica forestal

Ya se ha hecho referencia al concepto de buena práctica forestal y a lo largo del estudio se subrayará hasta qué punto es necesaria. Una buena práctica forestal supone realizar las operaciones forestales de tal forma que no sólo se mantiene sana y vigorosa la plantación, sino que se conserva la fertilidad del suelo en futuras rotaciones. La buena práctica forestal es la contribución técnica al desarrollo forestal sostenible. Las consideraciones sociales y económicas son también de la mayor importancia. La necesidad de una buena práctica forestal es particularmente evidente en cuatro fases de una rotación.

1. Selección de especies:

Es necesario que las especies sean adecuadas al sitio, con atención especial al clima y al suelo. Si se planta una especie o una procedencia en condiciones diferentes de las de su ámbito natural, generalmente se producen problemas antes o después.

2. Limpieza del sitio y establecimiento

Las técnicas de limpieza del sitio y de establecimiento deben ser adecuadas al lugar, teniendo en cuenta particularmente las especies, el tipo de suelo, la pendiente y la intensidad

de las precipitaciones. No es buena práctica forestal aquella que puede provocar una grave erosión o pérdida de fertilidad. Durante la preparación del sitio es recomendable mantener la cubierta superficial y utilizar en la menor medida posible el fuego y equipos para movimiento de tierras.

3. Mantenimiento y ordenación

Durante la fase de establecimiento es importante que el rodal adquiera vigor desde el principio, lo cual se consigue permitiendo que domine el sitio lo más deprisa posible. Para ello es necesario controlar las malas hierbas y asegurarse de que existen nutrientes suficientes y un índice de humedad adecuado, por ejemplo utilizando fertilizantes y recubriendo el suelo de hojarasca o manteniendo la cubierta superficial.

En las fases posteriores de crecimiento, al menos por lo que respecta a la producción de madera, es importante impedir el estancamiento, para lo cual hay que realizar talas de aclareo cuando disminuye el incremento anual del área basimétrica. La densidad excesiva en las plantaciones antiguas es un rasgo habitual en las plantaciones mal ordenadas y produce la desaparición casi total del piso inferior y del estrato herbáceo.

4. Protección

Se ha de aplicar una buena higiene forestal para controlar las posibles fuentes de plagas y enfermedades.

No siempre es fácil conciliar las prácticas recomendadas. Por ejemplo, la mejor manera de asegurar la higiene forestal y la lucha contra las malas hierbas es realizar una quema intensa durante la preparación de la estación, pero eso puede favorecer la erosión. Las decisiones a tomar dependen de las circunstancias locales y si la introducción de una especie obliga a ignorar los principios de la buena practica forestal, ello bien puede indicar que se ha cometido un error al seleccionar la especie.

La buenas prácticas forestales han de aplicarse tanto a las plantaciones puras como a las mezcladas, pero en ocasiones el fomento de estas últimas -para obtener una cubierta superficial en el suelo o para mejorar la calidad del mismo influyendo en la microfauna y la flora- es una parte esencial de la buena práctica forestal, especialmente en sitios vulnerables desde el punto de vista ambiental.

Definiciones de "mezcla".

En el capítulo 5 se ofrece una clasificación de las mezclas, teniendo en cuenta, en primer lugar, si la mezcla es de un solo estrato, es decir, una mezcla de especies dominantes, o de dos o más estratos, y en segundo lugar, si la mezcla es temporal o permanente. Es ésta una clasificación adecuada para describir las necesidades desde el punto de vista de la silvicultura. Es necesario recordar asimismo que existen diversos grados de mezcla, desde la "pureza" más extrema que se encuentra en las plantaciones monoclonales, pasando por las plantaciones policlonales, las monoespecíficas (de una sola o de múltiples procedencias) y las plantaciones de unas pocas especies que se plantan en tramos coetáneos hasta llegar, en el extremo opuesto, a la plantación multiespecífica y disetánea. Esa variedad se da también en la naturaleza, donde los bosques naturales no están formados necesariamente por muchas - o incluso por algunas- especies. Por norma general, se considera que una plantación pura es

una masa de una sola especie que puede constar de una o varias procedencias. En los trópicos, la plantación industrial mezclada es, generalmente, una mezcla de dos especies, pero puede existir una gran diversidad en cuanto a la forma que adopta la mezcla, por ejemplo de uno o varios estratos, monte bajo, temporal o permanente. Las mezclas no siempre son consecuencia de una política de plantación deliberada, sino que pueden ser consecuencia de la regeneración natural de especies de "malas hierbas" en el piso inferior, en plantaciones en las que el espaciamiento es relativamente amplio. Las plantaciones industriales de múltiples especies y edades son poco habituales, aunque las plantaciones de meliáceas/teca/jak de Sundapola, en Sri Lanka (Tisseverasinghe y Satchithananthan, 1957; Muttiah, 1965, 1991) pueden ser consideradas como un ejemplo en pequeña escala. Sin embargo, la mezcla muy compleja que se ha descrito anteriormente y que guarda similitud con el bosque natural mezclado de los trópicos, puede ser adecuada para las plantaciones de leña y lo es, con toda seguridad, para las plantaciones de protección en sitios vulnerables.

Las definiciones de mezcla que se han apuntado suponen una mezcla estrecha, árbol por árbol y línea por línea o, tal vez, mezclas de pequeños grupos. Pero una mezcla, en sentido amplio, se puede obtener también plantando tramos o subtramos adyacentes con diferentes especies y, asimismo (sería, en este caso, una mezcla distinta) mediante la rotación de especies. En este estudio se consideran todos los tipos de mezcla, pues es posible extraer enseñanzas tanto de las técnicas para conseguir mezclas clonales como de las mezclas de especies o géneros. En particular, se llama la atención sobre la posibilidad de utilizar una mezcla de tramos "en sentido amplio" en lugar de una mezcla "en sentido restringido", árbol por árbol. Uno de los objetivos del presente estudio es examinar cómo pueden alcanzarse los efectos positivos de la mezcla de especies con la menor complejidad posible por lo que respecta a los sistemas de ordenación.

La importancia de las plantaciones monoespecíficas

Una evaluación reciente de las plantaciones forestales en los trópicos muestra que las especies que se plantan con más frecuencia son el eucalipto, el pino, la teca y la acacia. En Africa y en la América Latina tropical, el Eucalyptus spp. y el pino ocupan aproximadamente el 50 y el 80 por ciento, respectivamente, de la superficie de las plantaciones, mientras que en Asia tropical hay un número mayor de especies y el eucalipto, la teca y las diferentes acacias ocupan el 32 por ciento de las plantaciones (Pandey, 1992).

Aunque se desconoce la importancia de las plantaciones puras en los trópicos, la relación, relativamente reducida, de las principales especies de plantación de los trópicos, que figura a continuación, permite sacar alguna conclusión al respecto (Evans, 1987):

Pinos	34%
P. patula, P. caribea, P. elliottii, P. kesiya, P. merkusii, P. oocarpa y otras	
Otras coníferas	3%
Araucaria cunninghamii, A. angustifolia, Cupressus lusitanica y otras	
Eucaliptos	37%
E. grandis, E. cameldulensis, E. globulus, E. saligna, E. deglupta, E. tereticornis, E. robusta, E. citriodora, E. urophylla y otras	
Teca *Tectona grandis*	14%

Otras frondosas 12%
Acacia, Gmelina arborea, Meliaceaea, Terminalia spp., *Albizia* spp., *Triplochiton scleroxylon* y otras

Esta relación incluye 10 especies de coníferas, nueve especies de eucaliptos y otras 7 familias o géneros de frondosas. Dado el espectro de suelos y climas de los trópicos esto parecería implicar la probabilidad de que la variedad de especies fuera aún más restringida en un país o en una zona relativamente homogénea, como un distrito. Sin embargo, algunas de dichas especies, por ejemplo, *Eucalyptus camaldulensis*, aparecen de forma natural en una superficie muy extensa y tienen diferentes procedencias.

En las plantaciones industriales no son habituales las mezclas en el sentido restringido, que supone plantar más de una especie en un tramo. En el sentido amplio, de establecer diferentes especies en tramos contiguos, los datos publicados hacen difícil decir hasta qué punto se practica la mezcla de especies. En Nueva Zelandia, *Pinus radiata* ocupa el 85 por ciento de la superficie de las plantaciones forestales (Burdon, 1982), lo cual supone que en dicho país apenas se lleva a cabo la mezcla de especies. El porcentaje de *Pinus radiata* es aún más elevado en algunos estados de Australia (Fergusson, 1983).

Algunas de las plantaciones de pasta de madera del Africa austral pueden contener amplias masas de *Pinus patula* o de eucaliptos. Las plantaciones de Usutu, en Swazilandia, que abarcan 52 000 ha, se han establecido con *P. patula,* y lo mismo ocurre en la meseta de Viphya, en Malawi, y en los planes de establecimiento de plantaciones para la obtención de pasta de madera en el Africa oriental, en Tanzanía (Sao Hill) y en Kenya (Turbo).

En muchos distritos forestales de las tierras altas del Africa oriental era práctica habitual plantar una variedad de especies de crecimiento rápido como *P. radiata, P. patula, Cupressus lusitanica* y algunas especies de *Eucalyptus.* Sin embargo, esa gama variada de especies ha ido desapareciendo. La zona plantada con eucaliptos se redujo bruscamente cuando se empezó a utilizar petróleo para los ferrocarriles, *P. radiata* dejó de plantarse totalmente en los años sesenta debido a la enfermedad *Dothistroma,* y en la actualidad, *C. lusitanica* y otras especies de cupresáceas están sufriendo duros ataques por parte del áfido *Cinara cupressi.* Ello puede excluir dichas especies de los futuros programas de plantación en el Africa oriental. En Kenya, la plantación de coníferas en las tierras altas se reduce, casi totalmente, a una sola especie, *Pinus patula.*

Al parecer, son frecuentes las plantaciones industriales de una sola especie, pero se ha señalado la existencia de grandes plantaciones de especies mezcladas (*Eucalyptus tereticornis* y *Acacia auriculiformis*) en Viet Nam (Cosszalter, 1991) y en otros lugares, aunque no está claro si se trata de plantaciones industriales y, tampoco, si se han alcanzado los objetivos pretendidos.

2. LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

En los ecosistemas forestales naturales se dan situaciones muy variadas por lo que respecta a las asociaciones de especies, desde una gran complejidad hasta una relativa simplicidad. La simplificación de los ecosistemas está asociada con la especialización y suele ser la respuesta a condiciones extremas del clima, los suelos u otros factores abióticos. Por consiguiente, los bosques con estructuras simplificadas y un número reducido de especies especializadas son más comunes en los climas más duros de las zonas frías del mundo. Pueden citarse, a título de ejemplo, los bosques de abedules de las zonas boreales del norte, las masas de *Pinus mugo* y *P. cembra* en las zonas montañosas de Europa, las extensiones de *Cupressus sempervirens* en las laderas calizas orientadas al sur en Creta y los rodales de *Alnus glutinosa* en los valles de suelos de turba de Gran Bretaña (Rackam, 1990). En el sur de Australia, las tierras forestales autóctonas se caracterizan por la existencia de masas con un número muy reducido de especies (Boardman 1990).

Aunque en los bosques hidrofíticos de los trópicos húmedos la nota característica es la existencia de múltiples especies y varios estratos, es posible encontrar también rodales con una reducida diversidad de especies. Hay que mencionar, en este sentido, las masas naturales de especies de *Eucalyptus* y pinos tropicales, así como los manglares y las sabanas arboladas, con un bajo índice de precipitaciones e incendios frecuentes, en donde el número de especies arbóreas es relativamente escaso. En Uganda, los rodales dominados por *Cynometra alexandri* y *Parinari excelsa* son ejemplos de masas naturales con un número limitado de especies. En otros lugares de Africa no son raras las masas puras de *Acacia tortilis, A. nilotica* y *Colophospermum mopane.* En las zonas áridas de América Latina extensas zonas aparecen cubiertas por una sola especie de *Prosopis* spp. En el bosque de Kemahang, en la península malaya, existía, antes de la explotación realizada en los años sesenta, un número reducido de especies dipterocárpeas y otras especies de las familias de las burseráceas, lauráceas, miristicáceas, mirtáceas y sapotáceas, que se cree que surgieron después de una terrible tormenta que se desencadenó en noviembre de 1988 (Whitmore, 1984). En el sur de Kalimantan, la especie *Agathis* existía, antes de su explotación, en masas de hasta 5 000 ha en una zona en la que constituía la especie principal o única del piso superior (Whitmore, 1984). Muchas veces, en masas forestales formadas por múltiples especies pueden existir grupos de una especie única o incluso bosquetes de un solo clon. Así pues, aunque en condiciones de aporte suficiente de elementos nutritivos, un alto grado de humedad y una elevada radiación solar son normales los ecosistemas complejos de múltiples especies, la existencia de masas de una sola especie no es intrínsecamente antinatural. Por otra parte, las mezclas naturales son, en muchos casos, temporales.

Todos los ecosistemas naturales son dinámicos y atraviesans por varias fases sucesivas. En los bosques naturales se registran alteraciones a intervalos irregulares, a veces después de varios siglos, pero en algunos sitios, por ejemplo las sabanas, que son propensas a los incendios, las alteraciones se producen con cierta frecuencia. Las fases de una sucesión secundaria posterior a una alteración del ecosistema forestal se caracterizan por la invasión inicial de un número reducido de especies colonizadoras, especies de luz, agresivas pero efímeras, que frecuentemente aparecen en masas monoespecíficas. A continuación tiene lugar una colonización con especies que toleran la sombra y que crecen a través de la cubierta de la serie anterior hasta llegar a ser las especies dominantes. Por último, en algunos ecosistemas se alcanza en la última fase una mezcla relativamente constante de especies, que perdurará hasta que tenga lugar la siguiente alteración (Whitehead, 1982), aunque en otros ecosistemas, especialmente en las zonas templadas pero también en algunos bosques altos

húmedos (véanse los ejemplos de Uganda mencionados anteriormente) los bosques clímax pueden ser prácticamente monoespecíficos.

Después de una alteración importante del ecosistema, las tasas iniciales de crecimiento tienden a ser altas y pueden ser muy elevadas en el caso de algunas especies colonizadoras de las primeras fases de la sucesión. Dichas especies colonizadoras se adaptan mejor a la fertilidad del suelo pero son relativamente vulnerables a los factores adversos. Posteriormente, en las fases subsiguientes de la sucesión, y a medida que aumenta la biomasa, las especies colonizadoras son sustituidas por otras especies que toleran mejor la sombra, de más lento crecimiento pero más resistentes a los factores perjudiciales. En las últimas fases de la sucesión puede darse la situación de que la biomasa sea muy cuantiosa, pero la tasa de crecimiento extraordinariamente reducida.

Algunos ecologistas afirman que esa fase final es el clímax ideal que supone una situación de estabilidad y autosuficiencia, aunque como se ha señalado anteriormente es posible que no haya una gran diversidad de especies arbóreas. Otros creen que cabe dudar que se alcance alguna vez un auténtico clímax (Jones, 1945), porque antes o después se producen alteraciones. La cuestión realmente crucial es que se considera que se ha alcanzado la estabilidad en un ecosistema cuando existe una diversidad apropiada de funciones. Pero una especie puede tener más de una función y una misma función puede ser realizada por más de una especie. En las plantaciones industriales, la estabilidad se logra cuando no se registran modificaciones importantes imprevistas en cuanto a los rendimientos y la producción y cuando se mantienen la fertilidad del sitio y la estructura del suelo. Aunque la estabilidad puede depender hasta cierto punto de la diversidad de especies, de ello no se deduce necesariamente que el objetivo de establecer plantaciones forestales deba ser conseguir el mayor número posible de especies para alcanzar la máxima estabilidad y tampoco que una mayor diversidad de especies da lugar, necesariamente, a una mayor estabilidad. Lo esencial para alcanzar la estabilidad es que exista un número suficiente de especies para establecer la diversidad idónea de funciones (Zwolinski, 1990). El número de especies necesario para conseguir la estabilidad en las plantaciones industriales depende del sitio.

Frecuentemente, el objetivo que se persigue al establecer plantaciones para obtener un beneficio comercial es aprovechar la elevada tasa de crecimiento en las primeras fases de la sucesión. En los trópicos y subtrópicos, los incrementos que se consiguen en las plantaciones son de 3 a 7 veces mayores, por lo que respecta a las especies comercializables, que en las últimas fases de la sucesión en el bosque natural (Evans, 1990), aunque ello se debe a la selección y mejoramiento genéticos, a la escasa distancia entre los árboles y a la ordenación, así como a la elevada tasa de crecimiento inicial. La cosecha se recoge cuando el crecimiento comienza a disminuir o poco tiempo después. La explotación produce una gran alteración en el ecosistema, que permite que el ciclo comience de nuevo en la fase de crecimiento rápido. En las plantaciones forestales comerciales el objetivo es mantener el ecosistema en una situación de inestabilidad controlada, siempre en una fase determinada de la sucesión, pero la experiencia muestra que, por lo general, para mantener un rendimiento sostenible hay que recurrir al uso de algunos insumos artificiales, como fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc., y que exista una buena práctica forestal.

Ahora bien, si el objetivo es la protección del sitio sin consideraciones de beneficio comercial, el ecosistema preferido es aquel que pueda facilitar dicha función, posiblemente, aunque no necesariamente, mediante la progresión hacia una fase posterior de la sucesión.

La meta se habrá alcanzado plenamente si se consigue que el ecosistema sea autosuficiente, posiblemente conservando una gran variedad de especies.

La ordenación, que persigue sobre todo la conservación de la diversidad biológica, implica conservar el máximo número de especies y el mayor grado de diversidad intraespecífica y además exige que tengan lugar todas las fases de la sucesión en el ecosistema. Sin embargo, conservar un ecosistema no significa necesariamente conservar todas las especies que contiene, y es posible conservar una especie pero que desaparezcan poblaciones singulares desde el punto de vista genético o genes que pueden tener importancia para la adaptación y la mejora de la especie en el futuro (Wilcox, 1982).

En las plantaciones forestales, particularmente cuando las rotaciones son cortas, es necesario tener en cuenta que existen determinadas ventajas e inconvenientes. El aumento del rendimiento puede verse contrarrestado por factores negativos como la eliminación de nutrientes durante las actividades de explotación, la reducción del ritmo con que se completa el ciclo de los nutrientes, los daños causados en la estructura del suelo o la posibilidad de que disminuya la resistencia a las plagas y enfermedades. Todos esos problemas deben ser resueltos si se pretende conseguir un rendimiento sostenido. Es preciso poseer los conocimientos necesarios para decidir cómo se pueden reducir esas pérdidas adaptando las especies al lugar y aplicando una buena práctica forestal y, asimismo, dónde, cómo y cuando hay que aprovechar determinados procesos naturales (como la regeneración de un estrato inferior) y en qué medida hay que complementarlos de forma artificial. La plantación mezclada cumple una función y debe basarse en la consideración atenta de la sucesión local, cuando se dispone de esa información. Sin embargo, si la explotación forestal de turno corto es una práctica aceptable para una estación, las plantaciones mezcladas no son, por sí solas, la panacea para resolver los problemas asociados con las actividades forestales de carácter comercial. Cuanto más corto es el turno, más se aproxima la situación a la de un cultivo agrícola, más importancia tiene la fertilidad del suelo (Lundgren 1980) y más probable es que sea necesario utilizar fertilizantes.

3. EL IMPACTO AMBIENTAL

3.1 SUELOS

Una de las principales preocupaciones que se ha expresado respecto a las plantaciones de una sola especie se refiere al riesgo de que produzcan la disminución de la fertilidad y la degradación del suelo. En el Apéndice II se analizan detalladamente las principales características de los suelos en los que tienen lugar la mayor parte de las actividades de forestación en los trópicos y subtrópicos, así como la interacción entre las masas arbóreas y el suelo.

Características del suelo

Frecuentemente, los suelos de los trópicos y subtrópicos en los que pueden realizarse actividades de forestación sufren una intensa meteorización y carencia de nutrientes, pero aun en los casos en que la meteorización es menos acusada están expuestos a la pérdida de nutrientes por lixiviación. En los trópicos húmedos, dichos suelos pueden contener un gran volumen de biomasa debido a la rápida descomposición de la hojarasca y a la mineralización de nutrientes en las capas superficiales del suelo. Cuando se elimina la vegetación para plantar cultivos agrícolas o establecer masas arbóreas existe un grave riesgo de pérdida de materia orgánica, de lixiviación y de pérdida de fertilidad. Es importante no limpiar esas estaciones vulnerables. En los lugares muy degradados, la prioridad máxima ha de ser restablecer el contenido de materia orgánica del suelo. En las zonas áridas y semiáridas, los incendios pueden hacer que disminuya aun más la capa de hojarasca y el contenido orgánico del suelo. Debido a ello, las especies arbóreas que alcanzan el clímax natural tienden a ser resistentes al fuego, pero la densidad de la masa es escasa porque los suelos son infértiles.

La capacidad de los árboles para absorber nutrientes no depende sólo de que existan nutrientes en la capa superficial del suelo sino también de la humedad y la estructura del suelo. El grado de necesidad de cada nutriente varía según la fase de desarrollo del rodal. En las plantaciones, la necesidad es máxima inmediatamente después de que se ha producido el cierre de las copas. En el caso de algunos nutrientes, especialmente el fosfato, el ritmo de liberación a partir de los minerales del suelo es lento. La cantidad de fosfato en disolución disponible para los árboles es muy reducida en comparación con la necesidad anual y con las cantidades que contienen la biomasa arbórea y la hojarasca del suelo forestal. En esas condiciones, el crecimiento sano y vigoroso depende de la rápida descomposición de la hojarasca, que permitirá mantener el ciclo de los nutrientes.

El proceso de descomposición está estrechamente relacionado con las actividades de la microfauna y la flora del suelo, cuya función en los trópicos y subtrópicos no se ha estudiado tan concienzudamente como en las zonas templadas. Sin embargo, es indudable que la microfauna fragmenta y, en algunos casos (por ejemplo las termitas), mineraliza la hojarasca; el proceso lo completan los hongos y, más concretamente, las bacterias. La mezcla de especies en un rodal influye en la proporción de celulosa y proteínas que contiene la hojarasca y en la acidez del suelo, y puede tener gran importancia ya que afecta a las poblaciones de microfauna y flora del suelo. Un cambio en la composición de la hojarasca puede favorecer a un componente de la microflora a expensas de otro.

Algunos hongos simbióticos no sólo pueden existir en asociación con una de las especies de una mezcla, sino que pueden beneficiar también a otros componentes del rodal.

Por ejemplo, en Gran Bretaña, la existencia de *Suillus variegatus* sobre *Pinus sylvestris* puede aportar nutrientes que serán utilizados por *Picea abies* (Ryan y Alenxander 1990). En Swazilandia, se ha descubierto que en las zonas de altitud elevada se pueden formar cantidades considerables de residuos de acículas al pie de *Pinus patula* cuando el espaciamiento es reducido (Morris 1986). En dichas circunstancias puede variar la forma y el número de micorrizas (Robinson 1973). Hay que señalar que el problema de la acumulación de hojarasca es particularmente acusado en las masas de coníferas de vuelo cerrado de los trópicos y subtrópicos, pero no es tan agudo en las masas abiertas en las que existe un subpiso de frondosas. En efecto, la mezcla de especies del piso inferior facilita la descomposición de la hojarasca del suelo forestal.

Se ha expresado preocupación sobre la forma en que afecta al suelo el establecimiento de masas puras de teca con un espaciamiento reducido. El problema radica en que la teca es caducifolia y las hojas, que no se descomponen rápidamente, son muy inflamables. Por ello, los incendios son frecuentes en las plantaciones de teca en los lugares con una estación seca muy pronunciada y, en consecuencia, el suelo forestal de las plantaciones aparece muchas veces desnudo al comienzo de la estación de lluvias. Además, las hojas de teca son grandes y el goteo de agua desde las hojas del árbol intensifica el efecto erosivo. Para reducir la incidencia de los incendios y la erosión se puede plantar la teca con una distancia mayor entre los árboles y, asimismo, plantar una mezcla de otras especies de hojas menos inflamables y que se descompongan más fácilmente o permitir la existencia de un piso inferior de arbustos o herbáceas (Bell, 1963).

Aunque la mayor parte de los nutrientes existentes en la capa superficial del suelo proceden de los minerales del subsuelo o de la hojarasca, algunos nutrientes se acumulan en la capa superficial a partir de la atmósfera. La fijación del nitrógeno en las raíces de algunas plantas es un ejemplo de ese proceso, asociado principalmente con las leguminosas, aunque de hecho la fijación del nitrógeno se verifica en más de 200 especies de 20 géneros distintos (Bond, 1983). *Casuarina* es probablemente la especie tropical más significativa que no pertenece a la familia de las leguminosas. La fijación del nitrógeno puede realizarse en forma de una transferencia directa desde los nódulos de la raíz hasta el suelo, pero el vehículo más habitual parece ser la hojarasca (Ewel 1986). En Hawai, el efecto de fijación del nitrógeno de *Albizia falcataria* por lo que respecta a los niveles de nitrógeno en el suelo era mucho mayor que el de *Acacia melanoxylon* (DeBell y otros, 1985). Tal vez ello se debe al hecho de que las hojas de *A. falcataria* son mucho más pequeñas y se descomponen más fácilmente. Sin embargo, hay que señalar que en Hawai los efectos notablemente positivos de la mezcla de *Albizia falcataria* con *Eucalyptus saligna* (DeBell y otros, 1985, 1987 y 1989) se consiguieron en los antiguos campos de caña de azúcar, donde la intensidad de utilización de fertilizantes y las necesidades de nutrientes de la caña de azúcar pueden haber provocado una situación excepcional por lo que respecta a los nutrientes del suelo.

Para que las plantas fijadoras del nitrógeno contribuyan de forma positiva al crecimiento de la masa forestal, tienen que existir unas condiciones adecuadas, es decir, no sólo ha de haber una cantidad suficiente de nitrógeno, sino también otros nutrientes, especialmente fosfato, y además debe existir un nivel suficiente de humedad. Se ha comprobado que en los lugares donde no hay carencia de nitrógeno la mezcla de especies de árboles fijadores del nitrógeno no favorece el crecimiento de la especie principal, e incluso puede dificultarla, debido a la competencia que se establece por la luz, la humedad y otros nutrientes (Binkley, 1983, 1984 y 1990). Posiblemente, los árboles fijadores del nitrógeno sólo son eficaces cuando son dominantes o codominantes (Binkley, 1990), lo cual hace dudar

que sea eficaz establecer especies fijadoras del nitrógeno en el piso inferior. Así pues, son relativamente pocos los casos en que las plantas fijadoras del nitrógeno favorecen el crecimiento de la masa forestal. Los efectos beneficiosos de las mezclas con árboles fijadores del nitrógeno, como acacias en masas forestales de pinos, no siempre son evidentes (Turvey y otros, 1984).

Modificaciones de los parámetros de la estación que hacen que disminuya el rendimiento en la segunda rotación

La composición de especies de una masa natural o artificial influye de forma importante sobre la estación, en particular sobre las propiedades del suelo. Una plantación monoespecífica puede modificar la situación de los nutrientes o las propiedades físicas que tenía el suelo en su condición original en el bosque natural. Dicha alteración puede reducir tanto la productividad efectiva como potencial de la estación, así como la composición del piso inferior o sotobosque. Por otra parte, la plantación de una especie única puede tener un efecto positivo si el lugar en el que se establece carece de cubierta vegetal. Por consiguiente, si se producen cambios en las características de la estación, variarán el crecimiento y el rendimiento en la segunda generación y en las generaciones subsiguientes, aunque dichos cambios podrían ser consecuencia de la aplicación de prácticas de ordenación diferentes o de la utilización de semillas distintas, así como de la alteración de la composición de especies o de la utilización de una especie única.

La preocupación que existe sobre la posibilidad de que disminuya el rendimiento en el segundo turno (y en los turnos subsiguientes) se basa en dos experiencias, en la del abeto rojo (*Picea abies*) en Europa central (más concretamente en Sajonia), que se inició a mediados del siglo XIX, y la de *Pinus radiata* en el sur de Australia, a mediados del siglo XX. Además, en las plantaciones de Usutu, en Swazilandia, se han mantenido detallados registros de crecimiento en las parcelas de muestreo permanente, registros que se refieren ya a tres rotaciones. Para comprender el fenómeno de la disminución del rendimiento en el segundo turno es oportuno examinar con atención esas experiencias.

a) El abeto rojo en Sajonia

A mediados del siglo XVIII comenzaron a realizarse plantaciones de masas puras de abeto rojo en Europa central, en parte porque se creía haber detectado un cierto declive de los bosques de hayas y robles. El abeto rojo siempre había crecido de forma satisfactoria en los podsoles de las zonas de mayor altitud como una masa pura y, de hecho, crece de forma natural en masas puras, pero a mediados del siglo XIX se observó una disminución del rendimiento, en particular en los suelos arcillosos de las tierras bajas. Ese fenómeno se atribuyó al establecimiento repetido de masas puras de abetos rojos. En el decenio de 1920, Wiedemann realizó intensas investigaciones sobre el problema de Sajonia (un resumen de las cuales puede encontrarse en Jones, 1965). Debido en parte a que los procedimientos analíticos disponibles en la época eran inapropiados no pudo identificar la causa del problema. Sin embargo, observó que no todas las plantaciones estaban afectadas, que en algunas de ellas el crecimiento se había interrumpido para recuperarse posteriormente y que la sucesión de veranos muy secos debía de haber contribuido a causar el problema. Sus investigaciones, y las que se realizaron posteriormente, permitieron identificar algunos de los factores negativos y se sugirieron posibles causas del problema. He aquí algunas de ellas:

- En los suelos arcillosos, el abeto rojo arraiga de manera muy superficial. Muchas veces, en la primera rotación utiliza los espacios de penetración de antiguas raíces, pero en la segunda rotación dichos espacios se han cegado y el abeto rojo echa sus raíces casi totalmente en la capa de humus, que se seca en las épocas de sequía y que puede inundarse en invierno.
- Una gran parte de las plantaciones se realizaban en terrenos que anteriormente habían sido tierras labrantías o en parcelas cultivadas en el bosque (*waldfeldbau*). En esas circunstancias, el abeto rojo es muy vulnerable a la pudredumbre roja de la madera, *Fomes annosus*[1], pero los efectos de la presencia del hongo no se dejan notar hasta que ha transcurrido una rotación, ya que penetra a través de los tocones recién cortados y luego por los injertos de raíz, hasta los árboles vivos. Por tanto, lo que en realidad era un problema del primer turno no se manifestaba hasta el segundo.
- En muchas de las estaciones, los suelos se hallaban empobrecidos antes de que se estableciera el abeto rojo, debido al hábito de recolectar todos los residuos de los rodales anteriores.
- El sistema de ordenación vigente favorecía la existencia de masas muy densas, lo que provocaba la acumulación de residuos, que a su vez impedía la mineralización del nitrógeno.

Existen, pues, diversas razones que, en conjunto, pueden explicar los problemas de falta de crecimiento. Un aspecto a tener muy en cuenta es que el problema se agravaba cuando el abeto rojo se plantaba fuera de su entorno natural, en los suelos arcillosos de las tierras bajas. Lamentablemente, se ha tendido a aceptar, sin cuestionarla, la explicación inicial que atribuía el fenómeno a la práctica del monocultivo. De hecho, esta explicación atribuía una relación de causa-efecto a cuestiones entre las que no existía conexión alguna y ello ha conducido frecuentemente a comparar una masa pura de abetos rojos con una masa pura de cualquier otra conífera o incluso de cualquier especie (Jones, 1965).

Más recientemente, se ha afirmado que, en Alemania, el rendimiento de las masas de *Picea abies* de mediana edad, a pesar de que se hace patente una pérdida de acículas y un declive de las copas, los rendimientos son de un 20 a un 40 por ciento mayores de lo esperado. Este fenómeno se ha atribuido a la temperatura más elevada, a las precipitaciones más abundantes, a la mayor presencia de CO_2 y al índice más alto de mineralización (Kenk, 1990b).

b) *Pinus radiata* en el sur de Australia

En el sur de Australia se ha plantado *P. radiata* en suelos arenosos estériles. El primer turno se taló a los 25 años de edad y se obtuvo un rendimiento razonable. Cuando la segunda generación había alcanzado los 10 años de edad aproximadamente, los análisis de las parcelas de muestreo permanentes pusieron de manifiesto que las plantaciones habían descendido uno, dos e incluso tres puestos en la clasificación de calidad (*Site Quality*, SQ) (Keeves 1966). Cada puesto en la clasificación representaba 140 m^3/ha en el conjunto de la rotación. En el SQ VII, el volumen en pie era de unos 5 000 pies cúbicos/ac (350 m^3/ha) y en el SQ IV, 11 000 pies cúbicos/ac (770 m^3/ha). Era, pues una grave pérdida. Había

[1] Aunque el nombre más preciso es *Heterobasidion annosum*, generalmente, los técnicos forestales la conocen con su antigua denominación.

indicios de que el rendimiento no había disminuido en aquellas masas en las que los restos de la corta total no se habían quemado y había tenido lugar una regeneración natural. La quema antes de proceder a la replantación era una práctica habitual.

Durante los dos decenios siguientes, la investigación se centró en el descenso de los rendimientos. Los suelos están formados por arenas gruesas con escasa capacidad de retención de agua, en las que los nutrientes se filtran con facilidad. Se llegó a la conclusión de que era necesario prestar una atención especial a la interacción entre la disponibilidad de agua y el suministro de nutrientes. La conservación del contenido de materia orgánica en las capas superficiales del suelo era de importancia crucial en esa interacción (Sands, 1983). La materia orgánica no sólo aumentaba la disponibilidad de nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico, sino que reducía la densidad de la masa y aumentaba la capacidad del terreno. Cuando no había una cantidad suficiente de agua, los árboles no podían aprovechar los nutrientes existentes (Boardman, 1982). Así pues, el menor rendimiento de la segunda rotación estaba relacionado con una insuficiente cantidad de nutrientes, una escasez de humedad y una pérdida de materia orgánica del suelo, así como con la compactación del suelo y la invasión de malas hierbas (Turner, 1983; Squire, 1983).

La solución a este problema radicaba en una buena práctica forestal, es decir, preparar la estación con mayor cuidado, abandonar el sistema de quema, conservar ramas como abrigo vegetal una vez realizada la corta y reducir la competencia de otras especies. Se decidió aplicar gradualmente fertilizantes para eliminar la tendencia a la lixiviación en los suelos arenosos y para mantener el aporte de nutrientes en las épocas de mayor demanda. Se comprobó que esto se ajustaba bien al sistema de enraizamiento de *P. radiata* (Boardman, 1982). Este conjunto de medidas, sumadas a la selección genética para obtener especies más robustas, han permitido conseguir un aumento de los rendimientos en el segundo turno.

Se afirma que ningún estudio ha mostrado que la eliminación de nutrientes durante las operaciones de extracción o de plantación de pinos en lugar de otras especies hayan provocado el descenso de la productividad en el suelo de Australia (Turner, 1983). El problema de la disminución del rendimiento en la segunda rotación en Australia afecta sólo a los suelos con pocos nutrientes. En cuanto a los suelos de arcillas densas, relativamente fértiles, de Nueva Gales del Sur, se creía que *P. radiata* había mejorado el índice del sitio de $H_{dam(20)}$ de 60 m en el primer turno a $H_{dam(20)}$ de 70 u 80 m en el segundo turno (Muir, 1970).

Los aspectos a tener en cuenta parecen ser los siguientes:

- el problema se observó a raíz de las mediciones de las parcelas de muestreo permanente, que se establecieron en 1935 (Boardman, 1988);

- el problema se manifiesta en suelos difíciles con un bajo nivel inicial de nutrientes y escasa capacidad de retención de agua;

- existían recursos suficientes para investigar el problema y encontrar una solución;

- es posible que en los suelos infértiles disminuya el rendimiento en el segundo turno. La solución para que esto no ocurra consiste, en gran medida, en una buena práctica forestal que permita conservar la humedad y el contenido orgánico del suelo,

complementada con la aplicación repetida de fertilizante según las necesidades de la planta en cada fase de desarrollo.

c) Plantaciones de Usutu, en Swazilandia.

El seguimiento de las plantaciones de Usutu, en las que predomina la especie *Pinus patula*, con un cierto número de ejemplares de *P. elliottii* y *P. taeda*, comenzó a realizarse a finales de los años 60. Al comenzar el segundo turno se establecieron parcelas de muestreo permanente que se han controlado desde entonces. En algunos sitios, los pinos están ahora en la tercera rotación (Evans, 1975, 1988). En 1983 se emprendió un estudio intenso de los suelos (Morris, 1986).

El resultado del estudio de suelos se examina más detalladamente en el Apéndice 2. De especial importancia es el hecho de que mientras que en la mayor parte de la zona predomina el suelo de granito, el 15 por ciento de la zona de plantación corresponde a suelos del complejo usushwana situados sobre gabro, y en dichos suelos se registra una importante carencia de fosfato. Si no se adoptan medidas correctoras, la probabilidad de que en los suelos usushwana disminuya el rendimiento es muy elevada.

Las plantaciones de Usutu están situadas en una zona cuya altitud oscila entre los 1 000 y los 1 450 m. Por encima de los 1 350 m existe un problema de acumulación de residuos en el suelo forestal, tanto en los suelos de granito como en los del complejo usushwana. La pérdida de nutrientes durante las operaciones de extracción y su inmovilización en la capa de residuos puede determinar una carencia de elementos nutritivos, especialmente, nitrógeno, fosfato y potasio. Anteriormente, se solían quemar las ramas, las copas y las acículas después de haber realizado una corta total, pero esa práctica se abandonó en 1973, porque favorecía los ataques del patógeno *Rhizina undulata*. Sin embargo, cuando no se queman los residuos, se acumulan en mucha mayor cantidad bajo la masa de la segunda rotación, aunque es cierto que se reduce la pérdida de nitrógeno y sulfuro. El análisis de los registros de crecimiento y de las parcelas de muestreo permanente en Usutu ha confirmado que en los suelos del complejo usushwana disminuye el rendimiento en el tercer turno en torno al 30 por ciento, pero las pruebas realizadas indican que las plantaciones de esas estaciones responden favorablemente a la utilización de fertilizante P, que puede resolver el problema.

Más difícil resulta el análisis de los registros de crecimiento de las plantaciones dispuestas sobre suelos derivados de granito. Las cifras preliminares respecto al crecimiento del segundo turno indicaban un ritmo más rápido de crecimiento en los dos primeros años en comparación con la primera rotación, ritmo que luego era más lento durante los cuatro años siguientes. Ello se atribuía a dos factores. En primer lugar, en el segundo turno los árboles se hallaban en sitios libres de malas hierbas. En segundo lugar, en el período de plantación durante el segundo turno había habido varios años de precipitaciones escasas. Dado que Usutu recibe tan sólo la lluvia necesaria para que pueda crecer *P. patula*, los años de sequía inciden de forma muy negativa en los rendimientos (Evans, 1975).

En la actualidad se poseen los resultados relativos a los árboles de doce años de edad de la segunda rotación y de seis años en la tercera rotación. En las parcelas del segundo turno se produjo un descenso poco importante, del 8 por ciento en el complejo usushwana y del 4 por ciento en los suelos de granito. *P. elliottii* había sufrido en el segundo turno una pérdida de altura poco importante, de 0,36 m (desde 15,57 m), a los 12 años de edad. En

el tercer turno, aunque se ha producido una disminución importante del rendimiento en los suelos del complejo usushwana, en una serie de parcelas de una zona reducida de suelo de granito se ha registrado un incremento significativo, del 21 por ciento, con respecto a los rendimientos de la segunda rotación, mientras que en la zona más extensa el aumento del rendimiento ha sido de sólo el 4 por ciento. Se puede concluir que en los suelos de granito, aún descontando los incrementos de rendimiento que pueden atribuirse al mejoramiento genético y a la utilización de técnicas de establecimiento más perfeccionadas, no se ha detectado una disminución del rendimiento (Evans, 1988).

Los aspectos a destacar son los siguientes:

- Se ha creado un sistema de parcelas de muestreo permanente para controlar el crecimiento con precisión;

- aunque se había indicado que debía registrarse una reducción general de nutrientes con el paso del tiempo y, en consecuencia, un descenso de los rendimientos (Morris, 1986), ello no se ha detectado en los registros de crecimiento, excepto en una estación problemática;

- todavía no se ha resuelto el problema de la acumulación de residuos vegetales en las zonas de altitud elevada, que podría ser una de las causas del agotamiento de los nutrientes en las masas de *P. patula*.

d) Conclusión respecto a la diminución del rendimiento en la segunda rotación.

La mezcla de especies cumple una función en la ordenación del suelo, pero en tanto en cuanto el descenso del rendimiento en la segunda rotación refleja la alteración de las características de la estación, los datos de que se disponen indican que ése es un problema potencial en suelos infértiles y en algunos otros sitios, pero que el problema de la disminución del rendimiento en esas estaciones se puede solucionar mediante una buena práctica forestal, en particular mediante la adaptación de las especies al lugar, y utilizando fertilizantes para compensar la carencia de nutrientes. Aunque todavía no es posible obtener datos significativos desde el punto de vista estadístico sobre la disminución de los rendimientos en los sitios fértiles, los edafólogos han aportado pruebas suficientes respecto a la probabilidad de que tenga lugar una pérdida de nutrientes (Lundgren, 1980; Morris, 1986; Young, 1976) y esa situación no puede dejar indiferentes a los técnicos forestales. La necesidad de velar por la conservación del suelo es evidente. Para ello hay que evitar especialmente utilizar el fuego, que deja el suelo al desnudo, y maquinaria pesada, que produce su compactación. Estos problemas no guardan necesariamente relación con el hecho de que en las plantaciones exista una especie única o una mezcla de especies.

En el presente estudio se ha hecho hincapié en la importancia de las parcelas de muestreo permanente como instrumento para ayudar a detectar las alteraciones del rendimiento. Pero los problemas relativos a la realización del muestreo y a su interpretación pueden impedir que se detecte la disminución del rendimiento hasta bien entrada la rotación o incluso hasta la siguiente rotación (Ryan, 1985). Hay que evitar en todas las estaciones las prácticas silvícolas que pueden hacer disminuir la cantidad de nutrientes, humedad y materia orgánica en la capa superficial del suelo.

La función de las mezclas de especies en la ordenación del suelo

Las situaciones en las que puede recomendarse la mezcla de especies son las siguientes:

a) Cubierta superficial

En muchos casos es conveniente establecer un núcleo básico de árboles o arbustos que permiten obtener rápidamente una cubierta vegetal superficial en aquellos lugares en los que es importante que los suelos no estén desnudos durante largos períodos, en la fase de establecimiento de la plantación, debido a los riesgos de erosión. Pero muchas veces se puede conseguir el mismo efecto con plantas leguminosas no leñosas, como la lenteja, o permitiendo que determinadas herbáceas o arbustos adecuados colonicen la estación temporalmente. Los bosques hidrofíticos constituyen un caso en que es importante que el suelo no quede desnudo. Si la protección y la conservación del suelo tienen una importancia crucial, es probable que no deba realizarse el desbroce y habría que considerar la posibilidad de establecer una plantación de enriquecimiento. En algunos lugares, como los suelos de arenas gruesas, el mejor procedimiento para conseguir una cubierta vegetal es utilizar una cobertura de residuos vegetales tras desbrozar el sitio o después de una corta total. Para conseguir una situación de equilibrio entre la necesidad de proteger el suelo facilitando la formación de un cubierta superficial y de reducir la competencia de las malas hierbas exige tener un buen conocimiento del lugar.

Con independencia de la composición de especies, determinados sistemas de ordenación, que conllevan la destrucción o eliminación de la hojarasca, por ejemplo a consecuencia de la utilización de excavadoras para limpiar el sitio de la quema de los restos de corta o de la recogida de la hojarasca para utilizarla como combustible o como cama para el ganado, pueden provocar una disminución importante de la materia orgánica de la capa superficial del suelo. Ello influye negativamente sobre la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de agua y la estructura del suelo, con el riesgo consiguiente de erosión. Las plantaciones de teca de la India, Indonesia y Trinidad, o las plantaciones de eucalipto en las pendientes abruptas de Etiopía son buenos ejemplos al respecto. Este tipo de problemas tienen que ver más con la gestión y la protección que con la selección o composición de especies.

b) Favorecimiento de la descomposición de los residuos vegetales.

En los sitios donde existe riesgo de acumulación de hojarasca es indicado introducir una mezcla de especie cuyas hojas se descomponen más fácilmente por la acción de los agentes biológicos del suelo, lo cual acelera el proceso de degradación de la hojarasca y de mineralización de los nutrientes. Las hojas de *Cordia alliodora* se descomponen más deprisa cuando los árboles se mezclan con otras especies arbóreas que cuando constituyen una masa pura (Babbar y Ewel, 1989). Ese mismo efecto se puede conseguir también alternando rotaciones de especies que tienden a la acumulación de hojarasca (por ejemplo, coníferas en algunos sitios) con otras cuya descomposición es más fácil (por ejemplo, algunas especies de frondosas). En ocasiones, la reducción de la espesura del bosque facilita la regeneración natural de un piso inferior beneficioso formado por árboles pequeños, arbustos y herbáceas que conseguirá el mismo objetivo.

Fijación del nitrógeno.

La introducción de especies fijadoras del nitrógeno puede beneficiar el rendimiento global en los sitios en los que existe un déficit de nitrógeno. Se han señalado incrementos del nitrógeno del suelo en Hawai (DeBell y otros, 1985), la India (Samraj y otros, 1977), pero existen dudas respecto a si las especies fijadoras del nitrógeno que crecen en una zona de semisombra, como el piso inferior del bosque, fijan realmente una gran cantidad de nitrógeno.

Conclusiones acerca de los suelos

1. Muchos de los suelos disponibles en los trópicos y subtrópicos para realizar plantaciones forestales son intrínsecamente infértiles y se degradan fácilmente.

2. Algunos de los métodos utilizados para limpiar las estaciones antes de realizar las plantaciones provocan una destrucción excesiva de los suelos. Entre esos métodos hay que mencionar la utilización de maquinaria pesada y el uso indiscriminado del fuego, que producen la eliminación de la capa superficial del suelo, que queda desnudo. Esas técnicas perjudican a los suelos de los bosques hidrofíticos. Sin embargo, hay que señalar que muchas de las plantaciones forestales de la zona hidrofítica se están estableciendo en sitios que ya están degradados y, de hecho, las actividades de forestación en los trópicos son más habituales en las praderas, matorrales, sábanas arboladas o zonas de vegetación alterada que en los bosques densos de múltiples especies (Wood y Dawkins, 1971).

3. La conservación del contenido orgánico de la capa superficial del suelo y el reciclado rápido de los nutrientes mediante la descomposición de la hojarasca existente en el suelo forestal son contribuciones importantes para el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

4. Las pérdidas de nutrientes en las plantaciones explotadas son inevitables (al eliminarse la biomasa en las operaciones de explotación), pero el descenso del rendimiento en la segunda rotación sólo cabe prever que se produzca en los lugares donde hay insuficiencia de nutrientes, y se puede evitar. La disminución del rendimiento en la segunda rotación no es una consecuencia inevitable de la plantación de masas monoespecíficas. Muchos de los problemas de fertilidad asociados a las plantaciones forestales de una sola especie se pueden superar, o al menos mitigar notablemente, mediante una buena práctica forestal, que implica utilizar técnicas de limpieza adecuadas, particularmente por lo que respecta al recurso a la maquinaria pesada y al fuego, mantener un equilibrio entre la cubierta vegetal superficial y la lucha contra la competencia de otras especies, evitar una densidad excesiva (para que puedan desarrollarse los árboles pequeños, arbustos y estratos herbáceos) y aplicar fertilizantes complementarios. Dichas prácticas son adecuadas tanto en las plantaciones mixtas como puras.

5. Las plantaciones mezcladas pueden contribuir a gestionar la fertilidad del suelo en determinadas circunstancias:

- para facilitar la heterogeneidad de la hojarasca a fin de contribuir a favorecer la descomposición de los residuos vegetales y, por tanto, impedir su acumulación en el suelo forestal, conservando así el contenido de materia orgánica de la capa superficial del suelo;

- para proporcionar una cubierta superficial a fin de reducir el riesgo de erosión del viento o la lluvia y para impedir, asimismo, la insolación de la capa superficial con el consiguiente perjuicio para la microfauna y microflora del suelo. Esto es de especial importancia en la fase de establecimiento.

Ambos efectos se pueden conseguir, en muchos casos, impulsando y controlando el crecimiento de la vegetación natural en las plantaciones puras:

- la mezcla de árboles y arbustos fijadores del nitrógeno. Sin embargo, este tipo de mezclas sólo serán beneficiosas en aquellos lugares en los que sólo hay insuficiencia de nitrógeno pero no de humedad y de otro tipo de nutrientes. Como se ha afirmado anteriormente, es posible que dichas especies no sean eficaces si crecen en el subpiso. Probablemente, este método sólo puede utilizarse en un número reducido de lugares;

- otras posibles ventajas de la mezcla de especies para la gestión del suelo, como el "efecto de bombeo de nutrientes", que consiste en que determinadas especies de raíces profundas absorben nutrientes en el subsuelo y los depositan en la superficie, en la hojarasca, así como las interacciones benéficas con las micorrizas, no se han comprobado en los trópicos.

3.2 EL CLIMA Y LA CONTAMINACION

El cambio climático

Los cambios climáticos que se han pronosticado a corto y medio plazo pueden ser beneficiosos o perjudiciales para el crecimiento de los árboles y los bosques. El aumento de los niveles de CO_2 y la elevación de la temperatura pueden favorecer el incremento de la tasa de crecimiento, pero la disminución de la insolación y la sequía pueden reducirla. Tal vez, algunos climas serán más variables. Es posible que se reduzca la variedad actual de especies o procedencias que no están suficientemente protegidas contra los cambios ambientales, tales como los cambios climáticos, e incluso algunas especies o procedencias pueden extinguirse. En esta sección se analiza la reacción más probable de las plantaciones monoespecíficas o multiespecíficas frente a los cambios climáticos.

Es sabido que las concentraciones de determinados gases, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (NO_2) han aumentado desde el inicio de la revolución industrial a mediados del siglo XVIII, y se ha pronosticado que ello producirá el calentamiento del planeta (el efecto de invernadero). Según una estimación, desde 1765 los niveles de CO_2 han aumentado un 25 por ciento, los de CH_4 el 100 por cien y los de NO_2 el 10 por cien (Jones y Wigley, 1990). Otras fuentes dan unos porcentajes del 26, 143 y 17 por ciento, respectivamente, desde 1850 (Andrasko, 1990). La concentración de CO_2 se ha modificado a través de la era geológica, pero los niveles actuales son los más elevados de los últimos 160 000 años (Andrasko, 1990). Los cálculos del incremento anual del CO_2 son imprecisos; una misma fuente señala que dicho incremento puede variar desde el 25 al 7 por ciento (Andrasko, 1990), lo que supone que el nivel de CO_2 existente antes de la revolución industrial podría duplicarse muy pronto, a mediados del siglo XXI, o dentro de mucho tiempo, en el siglo XXIII.

Existe un consenso general respecto al hecho de que en el último siglo la temperatura del planeta se ha elevado 0,5° C (Andrasko, 1990; Jones y Wigley, 1990). Sin embargo, no se puede establecer una relación directa entre la elevación de la temperatura y el aumento del CO_2. Hay otros factores que hacen que se eleve la temperatura, como las erupciones volcánicas, las erupciones solares y el movimiento de las corrientes oceánicas, que tienden a manifestarse de manera irregular. La acumulación de CO_2 podría haber causado una elevación de la temperatura, durante el último siglo, desde 0,8° C a 0,2 ° C (Jones y Wigley, 1990).

Si se duplica la concentración de CO_2 atmosférico, la temperatura del planeta puede aumentar entre 3 y 5° C y las oscilaciones de las temperaturas medias regionales podrían ser de entre -3° C y 10° C; las precipitaciones mundiales podrían incrementarse entre el 7 y el 15 por ciento y las medias regionales presentar una oscilación de entre -20 por ciento a +20 por ciento; la oscilación de la humedad del suelo, a nivel regional, podría ser de entre - 30 por ciento y +30 por ciento (Andrasko, 1990). Los estudios que se han realizado sobre Asia suroriental y Africa occidental pronostican que si se duplica el contenido de CO_2 atmosférico se producirá un aumento general de la temperatura de 3° C en el Asia suroriental y de 4,5° C en el Africa occidental; la modificación del régimen de las precipitaciones supondría un importante aumento de la variación estacional -lluvias más abundantes durante los monzones y menos frecuentes en las épocas de sequía intermonzónicas- en el Asia suroriental y un ligero incremento (0,1 mm diarios) en el Africa occidental.

Las repercusiones que pudieran tener sobre la vegetación los cambios de temperatura y precipitación son más difíciles de predecir que los propios cambios. Los bosques templados y subtropicales pueden avanzar hacia los polos y los bosques húmedos tropicales ser sustituidos por bosques secos tropicales, y podrían aumentar las zonas de praderas, sabanas arboladas y desiertos (Andrasko, 1990; Calabri, 1991). Podrían aumentar también la frecuencia y gravedad de los incendios forestales y de las plagas a consecuencia de la acumulación de hojarasca y madera muerta derivada del mayor crecimiento vegetativo que provocaría el incremento del contenido de CO_2.

Es posible que uno de los efectos del calentamiento de la tierra sea la ampliación de las zonas áridas a partir del Ecuador. Sin embargo, el efecto de calentamiento y aridez no será uniforme en todas partes. En algunos lugares pueden descender las temperaturas o aumentar las precipitaciones y en muchas zonas las precipitaciones serán más irregulares. En los límites de la zona de convergencia intertropical en Africa, las lluvias ya son irregulares y esa irregularidad se acentuaría aún más.

Con toda probabilidad, la ausencia más frecuente de precipitaciones en el momento de la plantación dificultará la regeneración de las masas arbóreas. Ello hará necesario seleccionar especies más resistentes a la sequía. Cuando se considere que determinadas especies están en el límite de su area de distribución, será necesario sustituirlas por otras especies más resistentes a la sequía o que se ha demostrado que puede continuar su crecimiento. La mortalidad de árboles maduros provocada por la sequía puede tardar más tiempo en hacerse evidente, pero dichos árboles estarán sometidos a la influencia de factores adversos y, por consiguiente, es previsible que aumente la incidencia de plagas y enfermedades y los riesgos de incendios. Cabe pensar también que el cambio climático modificará el radio de acción de las plagas y enfermedades. En los últimos años, el hongo *Guignardia aesculi,* del castaño de indias (*Aesculus hippocastaneum*), se ha desplazado al norte de los Alpes y aparece también en el sur de Escandinavia. Asimismo, *Ceratocystis*

fimbriata, una enfermedad de los plátanos (*Platanus* spp.), y el insecto que lo transmite se están desplazando hacia el norte desde el Mediterráneo. Aunque no se ha demostrado que exista relación con la elevación de la temperatura, estos ejemplos constituyen un indicio de las tendencias que podrían manifestarse (Donnabauer, 1991).

El establecimiento de plantaciones mezcladas está justificado en aquellos lugares donde las precipitaciones son suficientes pero variables y se pretende establecer una especie valiosa de turno medio a largo que no es resistente a la sequía. En estos casos, la mezcla de especies menos valiosas pero más resistentes a la sequía es una garantía frente al fracaso biológico total. No existen datos que permitan afirmar con seguridad que las mezclas favorecerán la supervivencia de las especies menos resistentes.

Bruening (1191) considera que se está produciendo un cambio climático y señala que "...dicho cambio influirá en las funciones de los bosques y, en consecuencia, en el papel que desempeñan en la biosfera y en su utilidad para la humanidad." Indica, además, que los especialistas forestales deben estructurar bosques artificiales más resistentes a los cambios climáticos y las condiciones extremas, conservar un grado elevado de biodiversidad y, asimismo, seleccionar especies y determinar mezclas de especies que se adapten no sólo a los cambios climáticos que puedan producirse sino a las posibles alteraciones del entorno económico y social.

En la actualidad existen técnicas para seleccionar y mejorar árboles adaptados a condiciones y lugares específicos. Así pues, es posible establecer plantaciones que sean relativamente resistentes a los cambios climáticos, pero para que ello comporte consecuencias positivas es necesario predecir los cambios con precisión. Cuanto menor sea la variación mayor será el riesgo y el peligro más grave acechará a las plantaciones monoclonales. Las plantaciones mezcladas podrían formar parte de esa estrategia. Sin embargo, en los proyectos de rotación corta puede ser aceptable la utilización de proveniencias y clones muy específicos de un lugar, siempre que exista un acerbo de material genético adaptado a diferentes condiciones climáticas, que pueda utilizarse, con cierta premura, para sustituir a un material genético inapropiado. Una investigación más intensa de la variación genética o de la mezcla de especies en una plantación permitirá conseguir una cierta "seguridad". Este aspecto se analiza con mayor detenimiento en el capítulo 7. La selección depende en gran medida de los objetivos de la ordenación y de los recursos económicos.

Depósitos de CO_2

En el proceso de crecimiento, los árboles absorben CO_2 de la atmósfera y lo almacenan en forma de celulosa. Sin embargo, cuando esos árboles se utilizan (por ejemplo para leña) o cuando alcanzan la madurez, la muerte de ejemplares y los procesos naturales de descomposición devuelven CO_2 a la atmósfera al mismo ritmo que lo eliminan, debido a lo cual no se produce un aumento neto del almacenamiento. La utilización de plantaciones para absorber CO_2 es más eficaz cuando se trata de una solución a corto plazo o cuando el producto final es madera que se transforma en productos duraderos. Ello inmoviliza el CO_2 en forma de celulosa durante largos períodos después de las operaciones de extracción. Las plantaciones para la obtención de leña ejercen un influjo positivo mientras los árboles están creciendo y pueden contribuir a reducir la tasa de CO_2 atmosférico, especialmente si posteriormente la leña se utiliza de manera eficaz. Las especies de luz de crecimiento rápido tienen efectos inmediatos, pero si puede conseguirse una mezcla de árboles de sombra,

arbustos o especies herbáceas que aumente el rendimiento total de un sitio, en tal caso la mezcla será un depósito más eficaz de CO_2.

Los microclimas

Los bosques mejoran el clima local, haciendo descender la temperatura y aumentando la humedad. Dichos efectos se consiguen mejor con plantaciones mezcladas, que dan lugar a la formación de bosques de múltiples estratos. El contraste que se manifiesta entre los microclimas más uniformes de las plantaciones mezcladas (y disetáneas) de caoba/teca/jaqueira y las fluctuaciones climáticas más acusadas de las plantaciones de masas puras de teca, en Sundapola, Sri Lanka, es acusado (Ng, 1991).

La capacidad de regular el microclima que tienen los cortavientos es de hasta 20 veces, o más, su altura, en dirección contraria a la que sopla el viento. El cortavientos es más eficaz si en lugar de actuar como una barrera que produce turbulencia en la dirección del viento, lo filtra y tiene un perfil que permite que sople suavemente por encima. Ese perfil se puede conseguir situando árboles elevados en el centro y de menor altura en los bordes. Para ello hay que utilizar una mezcla de especies elevadas y de escasa altura.

La contaminación

La degradación de los bosques ocasionada por la contaminación del aire causada por el hombre (en forma de dióxido de azufre, lluvia ácida o metales pesados) es un problema sobre todo en los países donde existen industrias pesadas, plantas generadoras de energía eléctrica y gran número de vehículos a motor, que utilizan combustibles fósiles. Aunque estos problemas son muy agudos en los países desarrollados, en algunos países tropicales, como la India y el Brasil, existen industrias pesadas que pueden causar perjuicios de este tipo, aunque no han sido registrados. Previsiblemente, las fuertes tensiones económicas, unidas a una situación de escasa presión social y política sobre las industrias, harán que en los países en desarrollo persista (o aumente) la contaminación. Algunas especies soportan mejor que otras la contaminación. Por ejemplo, en las laderas de los Cárpatos, en la Unión Soviética, se comprobó que la mezcla de roble y abeto plateado era más resistente al polvo de kainita, al ácido clorhídrico y a las grasas orgánicas procedentes de una fábrica de potasa que cualquiera de dichas especies por separado o que cualquier otra especie. Asimismo, una plantación joven de robles y alisos era más resistente que otras especies al hollín y al monóxido de carbono procedentes de una fábrica de carbón activado (Voron, 1979). En las colinas que circundan la ciudad de México, una de las ciudades más contaminadas del mundo, masas forestales naturales puras de *Abies religiosa* han muerto casi totalmente a consecuencia del elevado nivel de contaminación de ozono, mientras que otras especies han sobrevivido (Ciesla y Macias, 1987; Whitmore, 1991), entre ellas *Pinus hartwegii*, en las zonas de mayor altura. En las montañas de San Bernardino, de California, *Pinus jeffreyi* y *P.ponderosa* han sufrido los efectos negativos de la contaminación del aire, mientras que *Calocedrus decurrens* (Cedro) y *Abies concolor* (abeto blanco) apenas han resultado afectados (Miller y Elderman, 1977). Estos casos ponen en evidencia que determinadas especies pueden tolerar diversas formas de contaminación pero no existen pruebas de que dichas mezclas de especies más resistentes a la contaminación den mejor resultado que la misma especie plantada en una asociación pura. Presumiblemente, una mezcla de especies resistentes a diferentes tipos de contaminación constituiría un "seguro" contra el fracaso total en una situación en que se hubiera previsto la modificación del nivel o el tipo de polución a lo largo del tiempo.

Cada vez es más frecuente en los trópicos la utilización de aguas residuales procedentes de los núcleos de población para el riego de plantaciones. En el sur de Australia, se ha comprobado que la mezcla de *Casuarina glauca* y *Eucaliptus occidentalis* es eficaz en la utilización de efluentes salinos; en situaciones de menor salinidad se puede utilizar en la mezcla *C.cunninghamiana*. Las mezclas de *E.camaldulensis* y *E.occidentalis* toleran, también, con toda probabilidad las situaciones de inundación y salinidad. Se está experimentando un sistema de eliminación en una plantación en dos estratos en la que se establece una especie robusta con un alto valor potencial y el riego con aguas residuales recuperadas se utiliza hasta llegar a la saturación. Asimismo, se están plantando otras especies en un lugar en que se simula la existencia de una llanura inundada durante la estación lluviosa. Se ha proyectado utilizar mezclas de dos o tres especies (Boardman, 1990). Sin embargo, estos casos permiten realizar una comparación con los resultados que pueden obtenerse con las diferentes especies plantadas como una masa pura.

3.3 LOS INCENDIOS

No existen estadísticas mundiales sobre la incidencia de los incendios forestales y sobre las superficies quemadas, pero entre 1980 y 1988 Europa (excluida la Unión Soviética) y América del Norte sufrieron una media de unos 20 000 incendios forestales anuales, la mayor parte de los cuales se debieron a causas humanas como la negligencia y la intencionalidad. La superficie quemada cada año era de unos 4 millones de ha, provocando pérdidas ingentes, aunque sin cuantificar, de madera, y también en forma de beneficios ambientales, esparcimiento, valores culturales e incluso propiedades y vidas humanas (Calabri, 1991). No existen datos precisos sobre el número de incendios que se produjeron en las plantaciones, pero entre 1983 y 1988 ardieron en el Brasil más de 200 000 ha de árboles de plantaciones, de una superficie total de 6 millones de ha. Aunque esa cifra pueda parecer reducida, se estimó que el costo para la nación había sido de 199,6 millones de dólares EE.UU.(Soares, 1991).

Para reducir el peligro de incendios se puede recurrir a diversos procedimientos: medios mecánicos, como cortafuegos o caminos (que son costosos y pueden dificultar la consecución de las finalidades recreativas), utilización de herbicidas (procedimiento costoso y que perjudica al medio ambiente) y medios biológicos, como el pastoreo en las tierras forestales, difícil de controlar y de conciliar con la conservación del bosque y el suelo. Se ha proyectado imponer la quema obligatoria, pero comporta el riesgo de que se propague el fuego y en Europa y América del Norte la opinión pública no acepta su utilización en algunos lugares (Calabri, 1991).

La incidencia de incendios forestales (incluidas las plantaciones) está aumentando rápidamente en todo el mundo, pero es difícil tratar de luchar contra los incendios forestales o de impedirlos por procedimientos que sean ecológica y socialmente aceptables. Es, pues, sorprendente que no se haya experimentado más intensamente la utilidad de las plantaciones de especies mezcladas para limitar los daños causados por el fuego. Vélez (1991) ha señalado que es necesario prever la existencia de zonas sin vegetación en las plantaciones y modificar los modelos de inflamabilidad (que guardan relación con el contenido de humedad del combustible y con la estructura de la vegetación), con el fin de retardar la propagación del fuego. La incorporación de otras especies, especialmente de frondosas, en mezclas íntimas o discretas, permitiría alcanzar esos objetivos.

3.4 CONSERVACION DE LOS RECURSOS ZOOGENETICOS Y FITOGENETICOS

Consideraciones generales

Las plantaciones son ecosistemas especializados pero, en general, simplificados, en los que la diversidad vegetal se ha reducido para permitir la máxima producción de un único componente valioso. Normalmente, el componente más valioso es el tallo leñoso de las especies arbóreas. Cuando se sustituyen las comunidades vegetales autóctonas (bosques, tierras forestadas o praderas) por plantaciones de una o de múltiples especies autóctonas o exóticas, con la finalidad principal de producir madera, generalmente se reduce el hábitat y la diversidad de las especies en dicho lugar. Ello puede afectar a las exigencias de la fauna por lo que respecta a la obtención de alimentos, de abrigo, o de ambas cosas.

La diversidad biológica en un lugar está relacionada en primer lugar con la diversidad de hábitats o comunidades en dicho lugar en términos de variación estructural (hábitats forestales, de pradera, etc.), y en segundo lugar con la diversidad de especies en cada hábitat o comunidad. La diversidad del hábitats varía en varios niveles, desde los árboles individuales hasta tramos de varias hectáreas (por ejemplo Clout, 1985 y Gepp, 1985, que analizan la diversidad de aves en las plantaciones de Nueva Zelandia y Australia, respectivamente). Son cada vez más numerosos los estudios dedicados a la "biología de la conservación", que abordan el problema de la diversidad (por ejemplo, Wilson, 1988; Soule, 1986).

Por consiguiente, la diversidad puede alcanzarse en las plantaciones de varias maneras:

- plantando múltiples especies;
- plantando especies de diversas edades en mezclas o en pequeños tramos adyacentes;
- conservando un cierto volumen de vegetación natural en forma de bosquetes o de árboles individuales o arbustos en la plantación.

En no pocas ocasiones, conseguir el máximo rendimiento de madera por unidad de superficie es incompatible con el mantenimiento de un alto grado de biodiversidad "natural" o de una alta densidad de especies silvestres predilectas. Pero ello no significa que las plantaciones forestales perjudiquen siempre a la vida silvestre. A las plantaciones les corresponde una función importante en relación con la conservación y ordenación de la vida silvestre, tanto a nivel nacional como local. Dicha función puede ser directa -facilitando un hábitat a determinadas especies- o indirecta, mitigando la presión que existe sobre otros hábitats de la flora y fauna silvestres.

Cualquier forma de ordenación forestal, incluida la plantación de árboles, modifica no sólo el modelo de biodiversidad, sino también parámetros relativos a la vida silvestre como la biomasa y la densidad de especies. Aunque la sustitución de un matorral degradado por una plantación productiva de carácter multiespecífico puede incrementar enormemente la riqueza de especies silvestres y la biomasa, esta transformación puede considerarse negativa si pone en peligro a la fauna y la flora originales del matorral.

Rehmani (1989) hace referencia a la pérdida de las comunidades naturales de herbáceas áridas de la zona central de la India, con el consiguiente riesgo para la fauna,

constituida por abutardas, gacelas y lobos. Su sustitución por una plantación de eucaliptos, que puede albergar una mayor densidad de ciervos, no supone un beneficio desde el punto de vista de la conservación si el objetivo es conservar el máximo número posible de especies silvestres.

Este cambio en la biodiversidad natural tiene dos implicaciones por lo que respecta al diseño y ordenación de las plantaciones con miras a la conservación y ordenación de los recursos naturales:

- la conservación de la biodiversidad global, es decir, todo el espectro de especies genéticas y la diversidad de todas las plantas y animales de dicho lugar;

- la ordenación del hábitat de la plantación para conseguir especies silvestres que puedan ser beneficiosas (por ejemplo, ciervos para la caza) o para reducir las especies que puedan tener efectos negativos (por ejemplo las especies de plagas que reducen la producción de madera).

Estos dos objetivos y las actividades de ordenación que conllevan son tan diferentes que han de ser analizadas por separado.

Conservación de la biodiversidad

Aspectos generales

Los estudios más recientes se hacen cumplidamente eco de la necesidad de desacelerar la tasa de pérdida de la diversidad biológica total, en especial por lo que respecta a los ecosistemas forestales tropicales. A las plantaciones forestales les corresponde un papel importante en la planificación y ordenación de la conservación (Poore y Sayer, 1987, por ejemplo). En este sentido, tres actividades revisten especial importancia:

- Incrementar la cubierta forestal, mediante actividades de forestación o repoblación forestal, para aumentar la extensión del bosque o zona protegida. Ello puede hacerse en virtud de un planteamiento general, de incrementar las poblaciones de especies silvestres de especial importancia por encima de unos niveles mínimos que aseguren su viabilidad, constituyendo una zona protegida de mayor amplitud, o en función de criterios más específicos, estableciendo una cubierta forestal en las rutas de dispersión o "corredores" utilizados por dichas especies.

- Establecer plantaciones periféricas que actúen a modo de zona de amortiguación para el uso de recursos, en torno a zonas forestadas que están amenazadas como consecuencia de la presión que supone una explotación intensa sin un sistema de ordenación adecuado.

- Establecer plantaciones que permiten obtener una variedad de recursos a las comunidades rurales, que de esa manera tendrán menos necesidad de explotar zonas protegidas de las proximidades, valiosas desde el punto de vista de la conservación. No es necesario que dichas plantaciones estén próximas a la zona protegida.

El primer tipo de plantación al que se ha aludido y, en menor medida, el segundo, cumplirán más adecuadamente su función de conservación si su estructura y composición son similares a las de la comunidad forestal natural. Por consiguiente, aquellas plantaciones

multiespecíficas que permiten la existencia de un piso inferior y que poseen una diversidad estructural gracias a la plantación en cuarteles de especies disetáneas, a la existencia de calveros, etc., son más valiosas que los cuarteles formados por una sola especie y homogéneos desde el punto de vista estructural. Existe una amplia literatura sobre el diseño de masas forestales establecidas por el hombre (y sometidas a ordenación) con fines de conservación/producción, tanto en los Estados Unidos (por ejemplo, Thomas, 1979; Harris, 1984; Hoover y Wills, 1987; McTaggart-Cowan, 1985; Salwasser, 1985, 1990) como en otros lugares (Ratcliffe y Petty, 1988; Hobbs, Saunders y Hussey, 1990; y con carácter general, Poore y Sayer, 1987; Kemp, 1992).

A efectos de la conservación, lo importante es que la mezcla de especies represente una ventaja real desde el punto de vista ecológico. En efecto, la mezcla de dos especies diferentes de coníferas no constituye necesariamente una ventaja respecto a la existencia de una sola especie. Las mezclas de especies caducifolias y perennifolias o la inclusión de una especie de frutales comestibles o de plantas forrajeras en una masa principal constituida por una especie maderable puede ser realmente positiva con respecto a la disponibilidad de nichos y, en consecuencia, a la diversidad de hábitats. En la actualidad se está estudiando la posibilidad de realizar mezclas de especies en las plantaciones indias, en las cuales se dedica entre un 10 y un 20 por ciento de la superficie a determinadas especies arbóreas valiosas para la población local o para la vida silvestre (Instituto de la India para la fauna y flora silvestre, directrices de ordenación forestal). Es necesario señalar que las tendencias conservacionistas recientes establecen una relación estrecha entre la conservación sostenible y la satisfacción de las necesidades de la población en materia de recursos.

Las mezclas de especies pueden realizarse mezclando la especie principal de la plantación con otras especies existentes *in situ*. Esto puede hacerse en forma de bloques o fajas de masas naturales o conservando ejemplares individuales de especies arbóreas, por ejemplo higueras o árboles muertos que pueden servir como lugar donde anidar o facilitar insectos como alimento (Rodgers, 1992). Es necesario conservar extensiones naturales como las zonas rocosas o pantanosas.

Es importante la gestión de la plantación, así como su diseño inicial. Las prácticas de aclareo y corta en la plantación se pueden realizar de manera que beneficien la diversidad de especies vegetales y animales. Por ejemplo, se puede conservar una parte de la vegetación antigua y algunos árboles caídos. Las actividades específicas de ordenación responderán a los objetivos de la plantación en su conjunto y a los de cada zona particular de la misma. En las plantaciones de finalidad múltiple lo más adecuado es realizar una zonación interna, que permite establecer prioridades diferentes para alcanzar objetivos distintos en cada una de las zonas.

Cuando se han de establecer las plantaciones en una zona contigua a bosques naturales de importancia biológica, es esencial garantizar que las mezclas de la plantación no incluyan especies invasoras. En las plantaciones comerciales de frondosas de las montañas de la zona oriental de Usambara, en Tanzanía, se utilizó la especie exótica *Maesopsis eminii* como planta protectora de la valiosa especie endémica *Cephalosphaera usambarensis*. En la actualidad se considera que *Maesopsis eminii* es una grave epizootia que invade agresivamente el bosque natural en competencia con especies locales (Hamilton y Bensted-Smith, 1990).

Medidas para incrementar la diversidad de especies en las plantaciones

Es posible ofrecer algunas directrices generales para incrementar la diversidad total en las plantaciones, partiendo del supuesto que los objetivos de la plantación indican la necesidad de conservar el mayor número posible de especies vegetales y animales autóctonas. Estas directrices son las siguientes:

- mantener zonas de hábitats natural en el interior o en las proximidades de la zona de plantación. Existen diferencias de criterios sobre si dichas zonas han de ser amplias o es más adecuado que existan varias de ellas de extensión más reducida (Clout, 1985). Ello dependerá de los objetivos precisos que se pretendan alcanzar, por ejemplo, la conservación de la variación vegetal intraespecífica, caso en el que serían necesarias zonas reducidas, o la conservación de grandes mamíferos, que exigen extensiones más amplias. En Queensland, se conservan generalmente 500 ha de bosques autóctonos por cada 4 000 ha de plantaciones establecidas. Como mínimo, 200 ha de bosque reservado constituye un solo bloque. Estas zonas se añaden a las que han sido excluidas por no ser adecuadas para las actividades de plantación, debido a lo abrupto del terreno, a su carácter rocoso, a la salinidad, etc. (Francis y Shea, 1987);

- conservar fajas de bosques autóctonos, especialmente a lo largo de los cursos de agua, uniendo reservas naturales más amplias respecto de las cuales sirven como corredores para el desplazamiento de la fauna;

- un plan de plantación que, en la medida de lo posible, prevea la yuxtaposición de tramos de especies distintas de diferentes edades;

- conservar en las plantaciones árboles o arbustos autóctonos que puedan estar indicados porque favorecen la existencia de diversas especies silvestres. Tal sería el caso de la conservación de plantas fanerógamas para atraer aves que se alimentan de néctar o insectos, árboles frutales para los murciélagos, o ramones para los primates;

- planificar con cuidado las operaciones de corta para permitir la existencia de manchas que sirvan de refugio a los animales y reducir al mínimo el período de alteración.

Ordenación de la vida silvestre

Aprovechamiento de especies silvestres

En muchas plantaciones no existirá una necesidad imperiosa de mantener la diversidad natural de plantas y animales. En ese caso, puede plantearse como objetivo fundamental la producción de madera. Sin embargo, otros productos de la plantación pueden tener una importancia complementaria, por ejemplo, especies de valor comercial secundario como el bambú o el rotén, o especies valiosas para la subsistencia como los frutales o los ramones. Los productos animales silvestres encajan en ambas categorías. Por ejemplo, en el plano comercial, la cinegética de tigres y otras especies y la cría de especies de animales como ciervos almizcleños, mariposas, etc. Desde el punto de vista de la subsistencia, la caza controlada de animales para el consumo de carne y de otras especies alimenticias puede ser

de gran valor para la población rural y generar recursos que se pueden dedicar a las plantaciones locales.

En esta sección se describen factores que influyen en el diseño y ordenación de una plantación para incrementar tales productos silvestres. La fase de planificación es de gran importancia y debe incluir la determinación de los productos que revisten importancia para las comunidades locales. En las grandes plantaciones se establecerán, con toda probabilidad, varias zonas en las que se atribuirán distintos niveles de prioridad a objetivos y productos diferentes.

Las plantaciones como hábitat de la flora y fauna silvestres.

Las plantaciones pueden constituir un hábitat de condiciones perfectas para determinadas especies que no tienen exigencias muy específicas en una fase determinada del ciclo de la plantación. Por ejemplo, para el ganado que pasta, podría tratarse de la fase posterior a la corta y la fase de brinzales, en las que el estrato herbáceo es más abundante, y para los animales que ramonean en el bosque, la fase en la que la masa arbórea ha alcanzado mayor madurez, especialmente si existe un estrato inferior de vegetación. Ello significa que el establecimiento de plantaciones no provocará necesariamente el éxodo de la vida silvestre, pues permanecerán algunas especies poco exigentes y, además, las plantaciones pueden atraer y sostener especies distintas de las que existían en la situación anterior. La composición de especies utilizadas variará a lo largo de la vida de la plantación. En diferentes fases puede ser necesario o beneficioso introducir especies deseadas.

En Nueva Zelandia se descubrió que las grandes masas de latizos de pinos exóticos eran particularmente pobres desde el punto de vista de la vida silvestre -por ejemplo en especies de aves (Clout, 1985)-, pero tomando en cuenta todas las clases de edades se averiguó que el número de especies existentes en la plantación era casi el mismo que en la vegetación nativa en el sur de Australia (Gepp, 1976). En las plantaciones puede haber densidades más elevadas de insectívoros, macrópodos y algunas especies que se alimentan de semillas, que en las comunidades naturales (Gepp, 1985). En Knysna, en el Africa austral, aunque el bosque autóctono de frondosas perennifolias era más adecuado para satisfacer las necesidades globales del antílope *Tragelaphus scriptus*, dicha especie utilizaba durante el día las zonas cortadas a hecho y por la noche las densas plantaciones de *Pinus radiata* y *P.elliottii* (Odendaal y Bigalke, 1979). Las plantaciones de *P.radiata* en la Escarpadura de Kikuyu, en Kenya, eran menos favorables para las especies de aves que necesitaban un hábitat específico, pero otras especies con necesidades menos específicas se adaptaban bien y las especies migratorias paleárticas aprovechaban más las plantaciones que el bosque natural (Carlson, 1986).

La creación de una masa mixta puede resultar incluso mortífera para algunas especies silvestres. En Gran Bretaña, se ha comprobado que la inclusión de robles en una comunidad de pinos resulta fatal para la ardilla roja, porque la ardilla parda vive mejor en la mezcla de coníferas y frondosas y la especie roja autóctona no puede coexistir con la ardilla parda, exótica (Kenward, 1990).

Frecuentemente, en la zona fronteriza entre dos hábitats, ya sea entre zonas forestales y agrícolas o entre dos tipos de bosque estructural o de plantación, existe un mayor número de especies y más biomasa que en cualquiera de esas comunidades por separado (Moss, 1979; Friend, 1980). Es este el conocido "efecto de borde" de la biología silvestre.

Cuando la zona de "borde" es extensa, puede aumentar el número de especies de herbívoros, de distribución amplia, siendo el ciervo el ejemplo principal. Los "bordes" no son beneficiosos, en cambio, cuando el objetivo de conservación es fomentar un hábitat especializado que exige una amplia superficie de bosque. Existe una controversia cada vez mayor acerca de la importancia de los "bordes" en la biología de la conservación (Reese y Ratti, 1988).

Los grandes mamíferos frecuentan más las plantaciones cuando en éstas existe un piso inferior de especies autóctonas que proporcionan abrigo y alimento (Gepp, 1985). Si uno de los objetivos de la plantación es la existencia de fauna silvestre, no se debe permitir que la cubierta de vuelo de la plantación sea demasiado densa. En una plantación de teca situada en el interior de un zona de fauna y flora silvestres del sur de la India, las operaciones de aclareo se combinaban con actividades culturales y de eliminación de la maleza, que daban como resultado la formación de un estrato herbáceo homogéneo. Esa formación vegetal atraía el ciervo *Axis*, poco exigente. Sin embargo, la densidad de elefantes, ciervos sambar (*Cervus unicolor)* y osos perezosos disminuyó porque todas esas especies necesitan una cubierta más densa de bosques y arbustos. Se aconsejó entonces a los responsables de la gestión de la plantación que no realizaran operaciones de mantenimiento en dos de cada diez filas (Rodgers, 1992).

En Swazilandia, el establecimiento de plantaciones bien protegidas de pinos exóticos en suelo de pradera de high veld, que había sido utilizado para la cría de ovejas y donde se había desarrollado con regularidad una actividad cinegética, ha dado como resultado el incremento de algunas especies silvestres. Ahora son comunes el antílope, el leopardo y muchas otras especies de mamíferos (Evans, 1988). En este caso, el incremento de especies se ha debido al hecho de que las plantaciones ofrecen una protección, lo cual no ocurre en las praderas abiertas, pero es consecuencia también de la creación de nuevos hábitats y de las condiciones favorables que se han creado en las zonas limítrofes entre las plantaciones y las praderas. La densidad de especies faunísticas silvestres es mucho mayor en las plantaciones de la reserva forestal de Bori, en el centro de la India, que en los bosques naturales húmedos caducifolios de teca, situados en las proximidades. La zona de plantación es una mezcla de teca pura, teca fallida convertida en una plantación de bambú, calveros herbáceos y pequeñas extensiones de bosques naturales. Esta es ahora la zona preferida por los turistas, pues en ella hay muchas probabilidades de poder contemplar tigres y algunos herbívoros de gran tamaño (Rodgers, 1992). Las plantaciones mezcladas, de 30 años de edad, formadas por la especie autóctona *Dalbergia sissoo*, acacias y *Bombax* spp., en la praderas del Parque Nacional de Dudhwa, en el norte de la India, ofrecen alimentos y abrigo a los grandes mamíferos y contribuyen a incrementar la importancia de la vida silvestre. En cambio, las masas forestales de las proximidades, constituidas por teca y eucalipto, poco apetecible, apenas son frecuentadas por las especies silvestres (Rodgers, 1992).

Este incremento de especies silvestres tiene también aspectos negativos, ya que algunas de ellas, ya sean insectos o mamíferos como el elefante, el ciervo, el cerdo o el mono, pueden causar daños importantes en las plantaciones. Esos prejuicios se pueden reducir plantando especies poco apetecibles en los límites entre las plantaciones y los bosques autóctonos. En Sabah se observó que los daños que causaba el ciervo en las plantaciones de *Gmelina arborea* se reducían a proporciones casi insignificantes a una distancia de un kilómetro del bosque autóctono (Duff y otros, 1984). Posiblemente, la erección de una "barrera" de especies poco apetecibles, como *Acacia mangium*, cerca de los límites del bosque natural, permitirá reducir los daños causados por los mamíferos que ramonean. La

existencia de especies morfológicamente distintas, como las que existen en el piso inferior de una plantación forestal, puede constituir también una barrera natural. Por otra parte, algunas aves insectívoras son beneficiosas, ya que ayudan a luchar contra los ataques de los insectos en las plantaciones y se puede fomentar su presencia conservando fajas y mosaicos de bosques naturales (Aracruz, 1988). Las fajas de bosques naturales permiten, asimismo, que exista una mayor diversidad de artrópodos, que contribuyen favorablemente en la lucha contra las plagas (por ejemplo, los parasitarios y depredadores *Hymenoptera*). Entre las medidas que pueden adoptarse antes del establecimiento de la plantación, y en fases sucesivas, para incrementar la biomasa de las especies silvestres deseadas pueden mencionarse las siguientes:

- conservar fajas de vegetación natural, especialmente en los cursos de agua y las vías de drenaje;

- realizar la plantación con arreglo a un plan que, en la medida de lo posible, prevea la yuxtaposición de tramos de diferentes especies y de edades distintas, así como de claros herbáceos y otra vegetación natural;

- extremar el cuidado en la utilización del fuego, que puede tener efectos positivos y negativos. Si bien muchos animales que pastan pueden beneficiarse de una quema ocasional, no ocurre lo mismo con aquéllos que obtienen su alimento exclusivamente en el bosque;

- realizar un aclareo intenso en las fases intermedias y finales del desarrollo de la plantación, que favorecerá la existencia de un piso inferior de especies autóctonas y de una cubierta superficial en las plantaciones;

- conservar especies arbóreas y arbustos autóctonos en las plantaciones, ya que pueden favorecer la existencia de especies silvestres: por ejemplo, conservar plantas fanerógamas que atraen aves que se alimentan de néctar o de insectos, árboles frutales para los murciélagos y ramones para los orangutanes.

Conclusiones acerca de la conservación de los recursos zoogenéticos y fitogenéticos

Cualquier cambio natural o intervención humana en un ecosistema afectará a la población silvestre. La simplificación y especialización del estrato arbóreo del ecosistema reduce la diversidad de la vida silvestre en comparación con una comunidad natural, pero el empobrecimiento no es uniforme. La expresión "desiertos biológicos", que se utiliza para estigmatizar las plantaciones monoespecíficas (cita tomada de Friend, 1980) es una expresión de una actitud emocional más que fruto de un análisis racional del problema. La ordenación de la plantación puede permitir aumentar el nivel de diversidad natural y la riqueza de las especies silvestres con fines de esparcimiento.

Es esencial que exista una buena planificación, que supone ante todo señalar los objetivos prioritarios y específicos en relación con la conservación de la diversidad y con la flora y fauna silvestres. Pueden aplicarse estrategias distintas, entre ellas la mezcla de especies, en sentido amplio, en tramos adyacentes, que favorecerá la vida silvestre en las plantaciones industriales sin crear mezclas en el sentido limitado de tramos formados por múltiples especies. Cuando se considera que se han de establecer plantaciones mezcladas, ya sea para obtener productos específicos o con fines de rehabilitación, la diversidad de

estructura y edad es tan importante como la diversidad de especies, si se pretende favorecer la existencia de fauna silvestre.

3.5 INSECTOS Y ENFERMEDADES

En la literatura forestal, son muy escasos los estudios en los que se comparan los efectos de las mezclas, en las masas artificiales, sobre la incidencia de insectos y enfermedades y, asimismo, las repercusiones de los insectos y enfermedades en las masas mezcladas. Ello dificulta el estudio comparativo de las masas puras y mezcladas. No siempre es conveniente extrapolar la información que se dispone respecto a los sistemas agrarios, porque la escala de tiempo es mayor en las actividades forestales. Sin embargo, la tendencia a establecer masas arbóreas de rotación corta, como *Albizia falcataria*, con una rotación de cinco a ocho años, en Malasia, o diversas especies de *Eucalyptus* con una rotación de sólo cinco años, en el Brasil, da mayor validez a la comparación. La tendencia a comparar masas artificiales puras con masas naturales mezcladas ha sido causa de que otros factores estacionales y ambientales hayan distorsionado las comparaciones.

Estabilidad de los ecosistemas forestales

Uno de los principales factores que regulan las poblaciones de plagas es la disponibilidad de material hospedante. En los bosques naturales en los que existe una mezcla de especies, se alcanza una situación de equilibrio entre la vegetación y las plagas y enfermedades. En esos ecosistemas existe una amplia variedad de insectos, hongos y bacterias que viven en los árboles y en la vegetación herbácea. El aumento del porcentaje de plantas huéspedes en un ecosistema suele conllevar el incremento de las plagas o elementos patógenos, cuya actividad vuelve a reducir a la población hospedante a la situación anterior. Los insectos y las enfermedades ayudan a controlar el tamaño de las poblaciones de especies y, en consecuencia, a mantener la diversidad de especies en ese ecosistema. Luego, las poblaciones de dichos organismos son también controladas como consecuencia de la disminución de los alimentos disponibles y de las actividades de sus enemigos naturales. Way (1977) ha descrito el caso del tórtrix de las yemas de la picea (*Choristoneura lumiferana)* en la zona oriental de América del Norte, como ejemplo de una actividad desestabilizadora desde el punto de vista de las especies, pero estabilizadora desde el punto de vista de la comunidad. Por consiguiente, los insectos y enfermedades tienden a impedir que un componente vegetal del ecosistema llegue a dominarlo. Ello parece indicar, por tanto, que la simplificación de un ecosistema a una sola especie arbórea, como en las plantaciones monoespecíficas, incrementa el riesgo de ataques graves de un insecto o una enfermedad, a menos que sea posible también influir en las condiciones del hábitat del organismo atacante (Way, 1977).

La diversidad es mayor en la zona de contacto entre dos tipos de hábitat, lo cual puede entrañar problemas con respecto a especies de plagas que requieren, para su supervivencia, elementos de los dos hábitats. Los problemas que plantea el cultivo del sorgo en el Sudán constituyen un ejemplo al respecto. Muchas de las plagas, como los gorriones, saltamontes, etc. , viven en zonas de arbustos naturales. Otro ejemplo, a escala más pequeña, es la invasión de las plantaciones de *Gmelina arborea*, en Bangladesh, por el visco cuercino *Loranthus parasitica*, que procede del bosque natural adyacente (Gibson y Jones, 1977). Una de las posibles soluciones para este problema es continuar de manera incesante el proceso de simplificación hasta que sólo exista un cultivo en un área extensa (Way, 1977). El sistema de monocultivo agrícola a gran escala, por ejemplo, el cultivo de trigo en las praderas, tiene

como consecuencia secundaria la eliminación de las zonas de contacto, pero ésta es una solución que, aunque pueda ser adecuada, no debe aplicarse en las zonas marginales y de muy diversa condición en las que suele practicarse la silvicultura en gran escala, donde la prioridad fundamental es adaptar las especies al lugar. Existen numerosos ejemplos, tanto en la agricultura como en la silvicultura, en los que las zonas de contacto entre dos ecosistemas constituyen un hábitat adecuado para enemigos naturales de las especies de plagas.

Puede pensarse que las comunidades naturales, especialmente cuando contienen una diversidad de especies, aunque pueden albergar especies de plagas son menos susceptibles a ataques catastróficos que las masas de una sola especie. Sin embargo, la diversidad por sí sola no es una garantía contra las catástrofes, especialmente cuando se trata de plagas importadas. Algunos casos de pérdidas catastróficas producidas por enfermedades introducidas tanto en Europa como en América del Norte -enfermedad holandesa del olmo, *Ophiostroma (=Ceratocystis) ulmi*, el chancro del castaño, *Endothia parasitica* y la roya del pino de Waymouth, *Cronartium ribicola*- se han producido en comunidades naturales de especies múltiples. El equilibrio alcanzado en un largo período de tiempo en los bosques naturales se ve perturbado al introducirse nuevas plagas que no han evolucionado paralelamente con su nuevo huésped en ecosistemas que carecen de enemigos naturales, o cuando se establecen nuevas especies arbóreas en un ecosistema. En este último caso, la ventaja relativa que entraña una masa exótica se ha de atribuir, con frecuencia, a una ausencia de plagas en su nuevo ambiente. Esta ventaja será menos evidente a medida que las plagas y enfermedades locales se adapten al nuevo huésped y desaparecerá completamente si se introduce una plaga o una enfermedad exóticas (Gibson y Jones, 1977). Se han establecido plantaciones puras muy extensas y aunque se han producido epidemias y fracasos, en la mayor parte de las plantaciones se han conseguido resultados bastante satisfactorios. Un ejemplo destacable es el del caucho (*Havea brasiliensis)*, que se introdujo en Malasia como una especie exótica hace más de un siglo y que desde entonces se cultiva en masas puras con muy pocos problemas de plagas y enfermedades (Ng, 1991). Frecuentemente, las epidemias de plagas y enfermedades en las plantaciones, ya sean puras o mezcladas, son un problema secundario que se produce como consecuencia de la inadaptación de las especies al lugar, de una mala ordenación o de otros factores adversos.

Los mecanismos y estratagemas mediante los cuales los insectos encuetran un árbol huésped y los mecanismos que permiten a los enemigos de dichos insectos econtrar huéspedes son diversos y complejos. Una mayor diversidad de especies en las plantaciones puede contribuir a impedir ataques contra los árboles ya que facilita camuflaje a las especies en peligro, erige barreras y facilita alimento y refugio a los enemigos naturales de los insectos. En Polonia se ha puesto en práctica el sistema *places complexes* (Birot, 1991), en el que las masas monoespecíficas de *Pinus sylvestris* se interrumpen con pequeños bloques de algunas hectáreas de plantaciones de múltiples especies, con la finalidad de diversificar el hábitat silvestre y, en particular, de fomentar la existencia de aves, para controlar las poblaciones de insectos (un ejemplo de los efectos benéficos de las zonas de contacto, aspecto al que se ha hecho referencia en la sección dedicada a la Conservación). La posibilidad de que una mezcla de especies pueda facilitar la existencia de otros huéspedes producirá efectos perjudiciales si dichos huéspedes alternativos son esenciales para el ciclo vital de la plaga, y beneficiosos si los huéspedes alternativos evitan que la plaga ataque a especies más valiosas. En cambio, la disminución de la diversidad puede perturbar el ciclo vital de la plaga de diversas formas, por ejemplo privándole de fuentes alternativas de alimento, reduciendo la diversidad de hábitats contiguos en los que florecen numerosas plagas o diluyendo el efecto de la plaga por el volumen de material producido. Sin embargo, muchas especies de plagas

tienen un elevado potencial de reproducción y pueden aumentar en número cuando existe un elevado porcentaje de material huésped adecuado. La disminución de la diversidad puede favorecer también a los enemigos de las plagas al hacer disminuir el número de sus enemigos. No obstante, es poco lo que se sabe sobre la naturaleza de la diversidad espacial que constituye un freno para las plagas (Way, 1977).

Puntos de vista enfrentados

Existen puntos de vista muy encontrados sobre la conveniencia de las plantaciones puras por lo que respecta a la frecuencia de las plagas. Boyce (1954) se hizo eco de muchas de las opiniones de los partidiarios de las masas forestales mixtas. Se mostró partidario de las especies autóctonas frente a las exóticas, de la regeneración natural frente a las plantaciones y de las plantaciones mezcladas frente a las puras. Afirmó que una masa pura es el contexto ideal para que un patógeno alcance proporciones epidémicas y mencionó el fracaso de las plantaciones de caucho en América del Sur como consecuencia de la grave infestación y de la marchitez de la hoja del hevea sudamericana. El caucho aparece de forma natural como un árbol disperso en los bosques sudamericanos, donde también está presente el agente patógeno. No perjudica gravemente al caucho silvestre, pero las plantaciones puras fueron atacadas y fracasaron. Por ello, se ha afirmado que las plantaciones puras, que proporcionaron un gran volumen de material hospedante, fueron una de las causas del fracaso. Sin embargo, se ha señalado que las plantaciones en cuestión se establecieron utilizando plantones procedentes de Malasia. La marchitez de la hoja no se ha manifestado todavía en Malasia y, además, todo el caucho existente allí procede de una introducción inicial de 22 plantones (Chou, 1981). No puede sorprender el fracaso de un material de plantación con una base genética tan limitada y que se había reproducido sin ningún tipo de selección para desarrollar la resistencia a la marchitez.

En el estudio que realizaron sobre las plantaciones forestales y sobre diferentes conceptos relacionados con el ecosistema, Pery y Maghembe (1989) señalaron que la diversidad es un importante mecanismo de defensa contra las plagas y enfermedades. La afirmación de que "las posibilidades de que un monocultivo genético sea resistente a las plagas y enfermedades a lo largo del período requerido para alcanzar la madurez parecen pequeñas ... la capacidad de evolución de las plagas y agentes patógenos, de vida efímera, es extraordiaria", subraya adecuadamente los riesgos de epidemia en las plantaciones monoclonales y el hecho de que, en muchos casos, en un año se suceden varias generaciones de mejoramiento y selección natural (frente a varios años o incluso decenios en la mayor parte de las especies arbóreas) por lo cual pueden superar, con relativa facilidad, diferentes tipos de resistencia a la enfermedad que manifiestan las especies hospedantes. Se pueden reducir los riesgos recurriendo a rotaciones cortas (lo que supone tomar riesgos calculados), a la rotación de clones en el espacio y en el tiempo y a la modificación de los usos finales en caso de enfermedades, sobre la base de una explotación temprana y de la sustitución de los clones enfermos. Teniendo en cuenta ese tipo de consideraciones, se han establecido plantaciones clonales en gran escala, como las del Congo (véase por ejemplo, Delwaulle, 1989) y Brasil (Burley e Ikemori, 1988; Campinhos e Ikemori, 1986), y generalmente, aunque no sin problemas, ha sido posible evitar los ataques de plagas en gran escala. Por consiguiente, las plantaciones monoclonales pueden ser viables tanto desde el punto de vista biológico como económico, a condición de que se preserve una amplia base genética en poblaciones separadas, que pueda utilizarse como "apoyo" en las plantaciones en las que el material genético es limitado o en aquéllas que se han establecido con bloques

monoclonales, y siempre que se preste la debida atención al desarrollo de nuevos clones de elevado rendimiento para las actividades forestales intensivas.

Perry y Maghembe (1988) mencionan también, como argumento para oponerse al establecimiento de masas puras el fracaso de *Pinus radiata* en Africa tras la introducción del tizón de las acículas, *Dothistroma*, los ataques del barrenador cerámbicido autóctono *Oemida gahani* contra *Cupressus lusitanica* en el Africa oriental, y el hecho de que diversas especies de pinos del Africa austral son objeto de intensos ataques por parte de *Diplodia pinea*. Pero no existe seguridad alguna de que las masas puras sean la principal causa de dichos problemas. Los ejemplares aislados de *P. radiata* son tan susceptibles a los ataques de *Dothistroma* como las plantaciones puras (Gibson y Jones, 1977). La incidencia de *Dothistroma* es muy escasa en el sur de Australia. En cambio, ha resultado devastador en Africa, donde *P. radiata* se ha plantado *ex situ*, en zonas que reciben precipitaciones en la época estival. *Oemida gahani* penetra a través de heridas como las cicatrices de la poda, pero se ha podido controlar en gran medida mediante una mayor higiene forestal para eliminar las zonas de reproducción entre los desechos y residuos (Gibson y Jones, 1977). *Diplodia pinea* es una grave enfermedad que afecta tanto a los árboles aislados como a las plantaciones y alcanza una gran extensión en el Africa austral cuando los pinos se plantan *ex situ* (Barnes y Mullin , 1976).

Hay otros ejemplos de plagas y enfermedades que causan graves daños en las plantaciones, pero la causa principal no puede atribuirse al hecho de que se trata de plantaciones monoespecíficas. La podredumbre roja de la madera, *Heterobasidion (=Fomes) annosus*, es un basidiomicete xilófago que coloniza los residuos leñosos, como los tocones que quedan en el suelo después de la corta o tras realizar operaciones de aclareo. Puede aparecer tanto en plantaciones puras como mezcladas, pero como se transmite por los injertos de raíz, las plantaciones puras favorecen la difusión de la enfermedad. Sin embargo, se cree que *H. annosus* se ve favorecido en aquellos lugares en los que se han eliminado otros hongos antagonistas. Ello ocurre cuando se establecen plantaciones en tierras de cultivo abandonadas (Gibson y Jones, 1977). Por esta razón, se puede considerar que la enfermedad es una consecuencia de la inadaptación de las especies al lugar y, asimismo, típica de las masas monoespecíficas.

La infección de los pinos *Rhizina undulata* está asociada con la utilización del fuego y, por consiguiente, es un nuevo ejemplo de una enfermedad que guarda más relación con la historia anterior del emplazamiento que con el hecho de que la masa sea monoespecífica. Debido a los numerosos problemas que causa *R. undulata*, se ha abandonado casi por completo la práctica de quemar los residuos de la plantación después de la corta total, tanto en las plantaciones de pinos del Africa austral como en las del norte de Europa.

En Ghana, los coleópteros escolítidos *Xyleborus mascarensis, X. sharpae* y *X. semiopacus* causaron graves daños e incluso muertes en las plantaciones en línea de *Khaya ivorensis* y *Aucoumea klaineana*. El problema se atribuyó a la existencia de una gran cantidad de residuos leñosos como consecuencia de las operaciones de limpieza realizadas para abrir el bosque y poder realizar la plantación en línea. Dichos residuos constituían una zona de reproducción ideal para los insectos y cuando se agotaron atacaron a los trasplantes (Gibson y Jones, 1977).

Pineus pini es un áfido introducido en Africa y constituye un ejemplo de insecto que ha encontrado igualmente atractivas las masas naturales de múltiples especies y las

plantaciones monoespecíficas. Se ha observado que *P. pini* ataca tanto a las plantaciones como a ejemplares aislados de *P. patula* (Gibson y Jones, 1977).

Chou (1981) defiende el punto de vista opuesto, es decir que el establecimiento en gran escala de masas coetáneas no incrementa el riesgo de plagas y enfermedades. Chou defendía la plantación de *P. radiata* en Nueva Zelandia, donde las plantaciones de una sola especie han dado resultados muy satisfactorios en una gama variada de condiciones ambientales. Sus puntos de vista son, en resumen, los siguientes:

- dado que no existe una epidemia generalizada o típica, no hay razón para pensar que la decisión generalizada de recomendar las plantaciones mixtas será eficaz en la prevención de las epidemias;

- en determinadas circunstancias las mezclas indiscriminadas pueden aumentar el riesgo, por ejemplo si se introducen huéspedes alternativos para las plagas o enfermedades o si se mezcla una especie muy sensibilizada a los ataques con otra especie escasamente sensible. Perry y Maghembe (1989) corroboran esta afirmación;

- algunos agentes patógenos atacan a una amplia variedad de huéspedes. Es sabido que *Phytophthora cinnamomi* afecta a 444 especies en 131 géneros y 48 familias, entre ellas las angiospermas y las gimnospermas. *Armillaria* spp. contiene un gran número de cepas que tienen unas exigencias relativamente específicas con respecto a los huéspedes, pero dado que existe una lista de hospedantes de 677 especies en 276 géneros, es poco probable que las mezclas puedan ser un obstáculo plenamente eficaz para la difusión de dichos patógenos, a menos que se disponga de datos fiables sobre la sensibilidad relativa de las especies que se han de incluir en la mezcla;

- la diversificación de especies implica diversificar también el esfuerzo dedicado a luchar contra las enfermedades y las plagas y, asimismo, reducir la atención que se dedica a una especie concreta. Por consiguiente, aumenta el riesgo para dicha especie; cuando, como consecuencia de una política de diversificación, se ha de importar material de plantación, ello constituye un riesgo de introducir enfermedades y plagas;

- las masas puras coetáneas facilitan la intervención humana para la lucha contra las plagas y enfermedades. En cambio, en las masas mezcladas, particularmente en las masas disetáneas, en las que uno de los instrumentos de ordenación es la corta selectiva, puede aumentar la probabilidad de dañar los árboles en pie y, por consiguiente, el riesgo de la penetración de agentes patógenos.

Función de las plantaciones mezcladas

Aunque la diversidad de especies puede contribuir a la estabilidad en las masas forestales naturales, no cabe pensar que la diversidad de especies proporcionará estabilidad necesariamente en todas las masas artificiales. Uno de los objetivos que se pretende conseguir mediante la ordenación de las plantaciones, ya sean industriales o no industriales, es el de obtener el máximo crecimiento, u otros objetivos especificados, de las especies más valiosas

para alcanzar la meta que se persigue. Por diversas razones económicas e industriales, ello reduce el número de especies de la plantación. Es una opinión generalmente aceptada que aunque la disminución de la diversidad puede aumentar el riesgo de que se produzcan daños por causa de plagas o agentes patógenos, no se conocen suficientemente los mecanismos mediante los cuales la diversidad favorece la estabilidad (Boyce, 1954; Chou 1981; Perry y Maghembe, 1989). Consiguientemente, tampoco se sabe qué mezclas de especies son deseables para poder controlar los ataques de las plagas y los agentes patógenos, particularmente en las plantaciones exóticas.

Es oportuno señalar algunas de las situaciones en las que la mezcla de especies ha resultado beneficiosa para luchar contra los ataques de las plagas y enfermedades. El barrenador cerambicido *Phryneta leprosa* ataca a *Milicia (=Chlorophora) excelsa* a través de las ampollas que producen las quemaduras en las plantaciones coetáneas. Ha causado pérdidas en parcelas de ensayo en Tanzanía y pérdidas muy graves y generales en el Zaire (Gibson y Jones, 1977). La sombra permitirá evitar las quemaduras del sol y una mezcla de otras especies proporcionará sombra cuando se establezcan plantaciones de *M. excelsa.*

Phytolyma lata causa fasciación en *M. excelsa* y puede resultar muy perjudicial, pero el insecto tiene un área limitada de dispersión. Sin embargo, el control del insecto sólo se consigue cuando el árbol hospedante está disperso en una masa de otras especies, de tal manera que no puede dejar de considerarse la proposición planteada en la Conferencia de Dehra Dun de 1939: si la especie protectora ha de ser la más numerosa en la masa forestal y es de escaso valor, se debe pensar en otra especie; si la especie protectora tiene el mismo valor que la especie principal, no tiene sentido plantar la especie principal (Servicio Forestal Indio, 1939).

Los barrenadores de los brotes *Hypsipyla grandella* (en el Nuevo Mundo) y *H. robusta* (en el Viejo Mundo) son conocidos por los daños que causan a los brotes principales de los árboles jóvenes de la subfamilia Swietenioideae, de las miliáceas, la mayor parte de los cuales son árboles maderables valiosos.

Cuadro 2 Géneros hospedantes de los barrenadores de los brotes *Hypsipyla* spp.

Africa	Asia	América del Sur
Lovoa	*Toona*	*Swietenia*
Khaya	*Chukrasia*	*Cedrela*
Entandrophragma	*Soymida*	*Carapa*
Carapa		
Pseudocedrela		
Guarea (ataque registrado, aunque en melioideas, Styles, 1991).		

No se ha señalado que *Xylocarpus* spp., que pertenecen a la subfamilia Swietenioideae, hayan sido atacadas (Styles, 1991) y en América del Sur se afirma que *Guarea* no es atacada (Whitmore, 1976). Hasta cierto punto, las dos especies de *Hypsipyla* atacan exclusivamente a las especies arbóreas de las zonas en las que habitan. Por ejemplo, *Toona ciliata*, que sufre fuertes ataques por parte de *H. robusta* en Australia, no es atacada (o sólo lo es muy ligeramente) por *H. grandella* en Costa Rica, donde, en cambio, la especie autóctona *Cedrela odorata* sufre intensos ataques por parte de *H. grandella* (Grijpma y Ramallo, 1973). *H. robusta* ataca a *Swietenia macrophylla* en la India y en Sri Lanka y *H. grandella* ataca a *Khaya senegalensis* en la Martinica (Grijpma, 1973).

La sombra contribuye eficazmente a limitar los ataques de *Hypsipyla,* aunque no los elimina totalmente (Whitmore, 1976). Normalmente, la sombra la facilitan otras especies que se plantan conjuntamente con las meliáceas o que constituyen masas residuales en las cuales se plantan en línea las especies de meliáceas. En el Africa occidental se han realizado intensas investigaciones para encontrar las mezclas adecuadas (Dupuy y Mille, 1991); este aspecto se analiza más detalladamente en el Capítulo 5, que trata de la ordenación de las mezclas. Ahora bien, no siempre se requiere otra especie para producir sombra; así, en Sundapola, en Sri Lanka, se está consiguiendo la regeneración de *S. macrophylla* a la sombra de árboles maduros que pertenecen, en su mayor parte, a la misma especie (Muttiah, 1991).

El establecimiento de meliáceas vulnerables a los ataques de *Hypsipyla*, bajo una masa de árboles protectores que proporcionan sombra, es un claro ejemplo de la utilización de mezclas en las plantaciones industriales, pero es necesario señalar que en el Africa occidental francófona, donde se han realizado los trabajos más recientes en relación con la ordenación silvícola de las meliáceas, se ha tomado la decisión de no plantar dicha especie (Cossalter, 1991). En cambio, las plantaciones de caoba de Sundapol se establecieron con gran éxito en forma de mezclas de especies y en las islas Salomón se propone establecer *S. macrophylla* en una matriz de *Securinega flexuosa* (Islas Salomón, 1988 a y b).

En Kenya, *Seridium unicornis* (estado imperfecto de *Rhynchosphaeria cupressi*) causa un chancro en los cipreses (*Cupressus macrocarpa)*. Este hongo penetra a través de las heridas y de las cicatrices de la poda, pero tiene un radio limitado de dispersión efectiva y, por consiguiente, parece que la proximidad de los árboles en una plantación pura ha de contribuir a la difusión de la enfermedad. En Kenya, se han experimentado plantaciones mezcladas de *Cupressus macrocarpa* y *Grevillea robusta* (Graham, 1945 y 1949), pero la gestión de dichas mezclas ha resultado difícil y ha dado como consecuencia una condición deficiente (curvatura del fuste) de ambas especies. No se encontraron muchos indicios de que la mezcla sirviera para controlar la enfermedad. Finalmente, se tomó la decisión de sustituir *C. macrocarpa* por *C. lusitanica*, una especie menos robusta pero menos vulnerable al chancro del ciprés y que alcanza una mejor conformación.

En la India y el Pakistán, el insecto *Hoplocerambyx spinicornis* ha pasado de habitar en las trozas cortadas y árboles moribundos de *Shorea robusta* en los bosques naturales a atacar a árboles maduros sanos cuando dicha especie se estableció profusamente en plantaciones puras. Ese cambio se ha atribuido al hecho de que las plantaciones ofrecían mejores condiciones para la reproducción (Gibson y Jones, 1977) y tal vez esté relacionado también con el mayor suministro de alimentos e incluso con la situación de tensión que se deriva de la plantación de especies en una estación inapropiada. En Nigeria, *Hecophora testator*, una plaga insignificante del bosque natural, causó graves daños en plantaciones puras de *Nauclea diderichii* (Gibson y Jones, 1977). Sin embargo, se han plantado con éxito mezclas de *Nauclea diderichii Lovoa trichilioides* y *Entandrophragma utile* (Lamb 1991; Lowe, 1991).

En Africa, al menos, los defoliadores, y en menor medida los barrenadores, constituyen los ejemplos más destacados y numerosos de plagas de insectos que pueden atribuirse al establecimiento de plantaciones de una sola especie (Gibson y Jones, 1977). Se señalaron *Nudaurelia cytherea, Orgya mixta* y *Pachypasa capensis* como ejemplos de defoliadores de masas arbóreas de *Brachystegia*. A lo largo de un período de varios años se han adaptado y han causado graves daños a las plantaciones de pinos. Otro ejemplo lo ofrece *Buzura edwardsi*. Sin embargo, no existen indicaciones de que se hayan reducido los ataques

al establecer plantaciones mezcladas. En Malawi, un ataque de *Plagiotriptus pinivora* causó daños tan graves a las plantaciones de pino que justificó la lucha mediante la fumigación aérea (Gibson y Jones, 1977).

Conclusiones sobre los insectos y enfermedades

Los datos relativos a la existencia de pérdidas cuantiosas en las plantaciones de una sola especie como consecuencia de las plagas o enfermedades son confusos. Gibson y Jones 1977), aunque afirman que se han cumplido plenamente los pronósticos más pesimistas de los técnicos forestales tradicionales sobre los peligros que representan los monocultivos forestales, expresaron también el punto de vista de que los problemas de plagas y enfermedades producidos por los monocultivos forestales raras veces alcanzan la dimensión catastrófica de determinadas plagas y enfermedades de los bosques naturales o masas arbóreas que se plantan con fines no comerciales. Es posible que esta situación esté modificándose, ya que se está introduciendo un mayor número de especies de plagas. Por ejemplo, tres especies introducidas de pulgones de las coníferas han devastado masas de pinos y cipreses en el Africa oriental y austral. El pulgón lanífero del pino, *Pineus pini,* y el pulgón de las acículas del pino, *Eulachnus rileyi*, fueron identificados por primera vez en 1968, mientras que el pulgón del ciprés, *Cinara cupressi,* fue descubierto en 1986. Actualmente, constituye una grave amenaza para el futuro de las coníferas en los programas de plantación de la región y el pulgón del ciprés ataca también a las coníferas autóctonas *Juniperus procera* y *Widdringtonia nodiflora* (Ciesla, 1991; FAO 1991a).

Hay que señalar que aunque la mayor parte de la labor realizada en los dominios de la patología y la entomología forestales se han realizado en masas sometidas a una ordenación intensiva y se posee muy poca información sobre la importancia de las plagas y agentes patógenos en los sistemas de la mayor parte de los bosques naturales tropicales, lo cierto es que los datos disponibles con respecto a la incidencia de dichos problemas en las plantaciones forestales son mucho más incompletos que para los sistemas agrarios (Gibson y Jones, 1977). El sistema de ordenación que se basa en el principio de "elevada inversión/elevados rendimientos" hará hincapié en encontrar soluciones que no reduzcan sustancialmente los rendimientos y velará por que exista la financiación necesaria para encontrar soluciones. Probablemente, las soluciones adoptadas serán la lucha biológica o química, el mejoramiento fitogenético para conseguir cepas resistentes o el cambio de las especies. Es interesante señalar que Peace (1957) descartó la posibilidad de fumigar los bosques para luchar contra las enfermedades, pero no habían pasado aún 30 años cuando la fumigación aérea se había convertido en Nueva Zelandia en el sistema habitual de lucha contra el tizón de las acículas, *Dothistroma,* en muchas plantaciones jóvenes de *P. radiata* (Chou, 1981). Es de señalar también que al parecer en el Africa occidental francófona se ha descartado la opción de plantaciones mezcladas, de "baja tecnología" para luchar contra los daños causados por *Hypsipyla.*

Cuando la uniformidad del producto es menos importante y cuando la ordenación es menos intensiva, el caso de muchas plantaciones para leña, es más adecuado aplicar una política de ordenación de "bajas inversiones/bajos rendimientos" y en tal caso las plantaciones mezcladas son una de las soluciones posibles. El establecimiento de plantaciones mezcladas puede utilizarse a modo de "seguro". Con toda probabilidad, existirá más información sobre mezclas adecuadas de especies autóctonas. En la solución antes indicada, de "baja tecnología", en que el mantenimiento de la cubierta superficial del suelo tiene tanta

importancia, o más, que el rendimiento económico, la mezcla de especies puede considerarse como un seguro contra un fracaso total.

Es una opinión generalmente aceptada que hasta que no se conozcan mejor los mecanismos y estrategias de las plagas y enfermedades y de sus depredadores en el bosque natural, las plantaciones de especies mezcladas reportarán pocos beneficios -o ninguno- en orden a impedir o controlar la difusión de insectos y enfermedades, e incluso pueden resultar perjudiciales, al proporcionar hospedantes alternativos o actuar como barreras para los depredadores (Chou, 1981; Perry y Maghembe, 1989).

Un problema importante es el hecho de que las comunicaciones modernas facilitan la propagación de las plagas y enfermedades por todo el mundo. Los sistemas de protección de los bosques naturales son muy vulnerables a los organismos exóticos. Es poco probable que las mezclas de especies sean un procedimiento eficaz para luchar contra las epidemias de origen exótico y, por ello, los procedimientos más adecuados son la introducción de enemigos naturales, el mejoramiento para conseguir una mayor resistencia, la utilización de productos químicos o una combinación de todos ellos. La aplicación de productos químicos es más sencilla en las plantaciones puras, pero por su elevado coste y la necesidad de proteger el medio ambiente de las sustancias contaminantes sólo deben utilizarse como último recurso.

3.6 CONCLUSIONES SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL

Se ha analizado el impacto ambiental desde el punto de vista del suelo, el clima, los incendios, la fauna y flora silvestres y las plagas y enfermedades. La interacción de estos y de otros factores determina el ecosistema forestal. Al técnico forestal le corresponde velar por que la estación sea resistente a los agentes de cambio conservando, al mismo tiempo, su potencial productivo. Frecuentemente, el hecho de que se produzcan ataques devastadores de plagas y enfermedades es un síntoma de que se han tomado decisiones erróneas en materia de ordenación, en aspectos tales como la selección de las especies o el retraso de las operaciones de aclareo. La solución reside en una buena práctica forestal. En esos casos, en los que se ha incurrido en errores graves en materia de ordenación, es poco probable que la mezcla de especies pueda favorecer la lucha contra las plagas. Las plantaciones con mezclas de especies serán beneficiosas, probablemente, cuando se ha realizado un trabajo intenso de ordenación y cuando tienen lugar fenómenos climáticos, ataques de plagas y enfermedades que no pueden prevenirse. En tal caso, la mezcla de especies es un "seguro" contra el fracaso total y puede contribuir a reducir la vulnerabilidad de una especie autóctona a una plaga o enfermedad autóctonas, siempre que se haya realizado una labor adecuada de ordenación, pero el grado de dispersión requerido puede poner en cuestión la viabilidad de someter a dicha especie a una ordenación intensiva.

El posible deterioro de la fertilidad de la estación es, en cierto sentido, un problema más insidioso por cuanto si no existe una red de parcelas de ensayo permanente en buen estado el problema puede pasar inadvertido hasta que se produce una disminución importante de la fertilidad. Aun cuando exista un sistema de vigilancia adecuado, es difícil que el deterioro de la estación provocado por un tipo particular de plantación y que se manifiesta en la disminución del rendimiento, sea detectado hasta el turno siguiente. Aunque no se conoce de forma precisa el funcionamiento de la microflora y microfauna del suelo en los trópicos, las medidas que hay que adoptar para evitar la pérdida de fertilidad son bien conocidas, siempre que el problema se detecte a tiempo:

- conservación de la capa superficial del suelo y de la materia orgánica cuando se establecen las plantaciones;

- sustitución de nutrientes y restauración de las condiciones físicas una vez realizadas las operaciones de explotación; y

- asegurarse de que las necesidades de nutrientes de la masa forestal no excedan la capacidad del sitio, a consecuencia, por ejemplo, de una densidad excesiva o de la acumulación de hojarasca.

Las plantaciones mezcladas son un instrumento de ordenación para influir en las condiciones del suelo favoreciendo la existencia de una cubierta superficial que proteja de la erosión del suelo y de la falta de humedad o para mejorar las condiciones de la capa superficial del suelo, lo cual es beneficioso para los microorganismos. La mezcla puede conseguirse mediante plantación o permitiendo la formación de un piso inferior natural en una espesura normal. La ordenación de la plantación, si se realiza con unos objetivos claros, puede favorecer también la conservación de los recursos animales y de otros recursos genéticos. Los incendios son un peligro cada vez más grave para las plantaciones y entrañan enormes costos directos e indirectos.

No se han documentado suficientemente las posibilidades de realizar mezclas de especies para reducir la incidencia de incendios o la velocidad de propagación del fuego, pero parece que es un tema que merecería ulteriores estudios.

La naturaleza impredecible de las epidemias y del cambio climático hace que sea esencial mantener la diversidad genética en las plantaciones. Puede hablarse de diversidad a diferentes niveles, tanto de diversidad de especies como dentro de una misma especie. La diversidad global facilita la adaptación de la masa forestal a las nuevas condiciones y representa una cierta seguridad contra un fracaso total. Sin embargo, también es posible conseguir la diversidad en sentido amplio realizando una mezcla de bloques o tramos en lugar de una mezcla en el sentido limitado. La decisión de establecer plantaciones mezcladas en el sentido estricto dependerá de los objetivos de ordenación. Probablemente, con miras a una ordenación intensiva de las plantaciones industriales estarán más indicadas las masas forestales puras, mientras que para una ordenación más extensiva, por ejemplo, en las plantaciones para la obtención de leña, puede ser favorable que existan mezclas de especies. Si el objetivo principal es la rehabilitación, frecuentemente se recurrirá a plantaciones mezcladas. Sin embargo, no hay que olvidar que no se deben fijar los objetivos de ordenación hasta que se hayan analizado debidamente el potencial y las limitaciones de la estación y que dichos objetivos pueden modificarse ulteriormente en función de las especies disponibles. Con demasiada frecuencia, en la planificación de las plantaciones no se presta la debida atención a la sostenibilidad y la fertilidad de la estación a largo plazo (Lundgren, 1980).

4. PRODUCTOS Y SERVICIOS NO INDUSTRIALES

Tradicionalmente, se ha considerado que las mezclas de especies estaban más indicadas cuando se pretendía obtener productos no industriales o servicios de carácter ambiental que cuando se trataba de plantaciones dedicadas a la producción de productos madereros industriales. Este capítulo se ocupa de los productos y servicios no industriales.

Usos no comerciales

Hoy en día, todo el mundo reconoce que los bosques proporcionan una variedad de productos que utilizan las comunidades locales que viven en ellos o en las zonas adyacentes. Algunos de dichos productos proceden de fuentes distintas del bosque -de explotaciones mixtas o ajenas al bosque y de árboles forrajeros plantados en los límites de las fincas- pero muchos de ellos se recolectan libremente en el bosque. Sin duda, los agricultores conocen las necesidades de emplazamiento y los requisitos silvícolas de las especies que se cultivan en las explotaciones mixtas y en las fincas ajenas al bosque. Ahora bien, dichas especies suelen cultivarse en pequeñas parcelas en un entorno agroforestal y han sido excluidas del presente estudio. En Nigeria (y probablemente en la mayor parte de los trópicos húmedos africanos) se ignoran muchas veces las necesidades silvícolas de las especies recolectadas en el bosque (Okafor, 1977). No se ha encontrado testimonio alguno de que las comunidades locales de los trópicos húmedos hayan establecido plantaciones forestales mezcladas para obtener la gama de productos que utilizan, ni que hayan emprendido deliberadamente actividades de ordenación de los bosques naturales. Sin embargo, ello no debe hacer pensar que tradicionalmente las comunidades locales de los bosques tropicales han ignorado por completo las tareas de ordenación. De hecho, han existido sistemas de ordenación pero no han sido registrados. En algunos países que han estado sometidos a un régimen colonial, el personal forestal y la administración han hecho inviables muchas veces los sistemas de ordenación tradicionales, por ejemplo cuando han creado reservas forestales o han impuesto una reglamentación que no tenía en cuenta los sistemas locales de gestión. En los sistemas tradicionales de ordenación de los bosques naturales ha primado la tarea de organizar la distribución de un recurso disponible sobre la manipulación de un ecosistema para favorecer una especie particular. Los sistemas tradicionales de ordenación dejan de ser viables cuando aumenta la presión demográfica sobre los bosques. En los países de la zona subtropical, como el Nepal, son más frecuentes los ejemplos de explotación controlada de los bosques por las comunidades locales, pero tampoco en estos casos las tareas de ordenación se han orientado a la manipulación del bosque para obtener productos finales específicos.

Un problema añadido es el escaso respeto que muestran hacia el bosque natural muchas sociedades de los trópicos, porque su necesidad primaria no es otra que poseer tierra para el cultivo y porque consideran que los productos forestales son un bien gratuito. Aunque pueda apreciarse el valor del bosque, apenas existe conciencia de que su protección sea una responsabilidad individual, al ser tan amplios los beneficios que reportan. Muchas veces, se respetan más las plantaciones establecidas artificialmente que el bosque natural, aunque éste esté sometido a ordenación.

Existe un sentimiento general de que la desaparición del bosque natural en los trópicos húmedos priva de numerosos productos a las comunidades locales que, sin embargo, no poseen conocimientos suficientes para establecer y mantener las plantaciones que podrían proporcionarlos. Los proyectos forestales han sido objeto de críticas por sustituir los bosques naturales de múltiples especies por plantaciones monoespecíficas que no ofrecen la gran

variedad de productos que pueden encontrarse en los bosques naturales. Pero cuando existen presiones para encontrar tierras para el cultivo es imposible aplicar la solución de la protección y la ordenación poco intensiva del bosque natural. Como aún no se tienen conocimientos suficientes para establecer plantaciones forestales mezcladas que permitan satisfacer las necesidades de las comunidades locales, la única posibilidad estriba en conjugar la protección y ordenación de una zona de bosque natural con el establecimiento de una plantación comercial, posiblemente de carácter monoespecífico. De esta forma, la gran demanda de leña y postes se cubre con el producto obtenido en las plantaciones y el bosque natural proporciona otros productos. Para establecer plantaciones mezcladas que puedan servir también para atender las necesidades de las comunidades locales, es necesario conocer mucho mejor los requisitos silvícolas de la amplia variedad de árboles frutales y de árboles y hierbas medicinales que utilizan dichas comunidades.

Leña y postes

En 1980, aproximadamente el 39 por ciento de las plantaciones de Africa, Asia, América del Sur y las Islas del Pacífico estaban clasificadas como plantaciones no industriales (FAO, 1988)[1]. Según la estimación de la superficie plantada entre 1981 y 1985, la proporción aumentó hasta el 46 por ciento (FAO, 1988).

La mayor parte de las plantaciones no industriales se establecen para obtener postes o leña. Generalmente, la producción se destina al mercado local y las operaciones de elaboración son mínimas. Por consiguiente, hay menos incentivos para utilizar técnicas de extracción muy mecanizadas y ello permite establecer las plantaciones en lugares más abruptos y rocosos, que no son adecuados para las plantaciones industriales. Las plantaciones mezcladas pueden ser, pues, muy convenientes para la producción de leña y postes, a condición de que se seleccionen especies adaptadas al lugar y que sirvan para cubrir las necesidades del usuario. Lamentablemente, el hecho de que los lugares disponibles sean, muchas veces, poco fértiles, puede obligar a utilizar una sola especie. Más adelante, en el presente capítulo, se describe con mayor detenimiento la experiencia del Nepal.

Forraje

En todas las zonas climáticas en las que existe una estación seca prolongada hay una gran demanda de ramones y forraje para el ganado. Se puede utilizar como pasto la hierba de las superficies arboladas de las fincas y reservar los bosques, particularmente los de las tierras altas con un mayor índice de precipitación, para obtener forraje durante la estación seca. Asimismo, puede cortarse la hierba y suministrarla más tarde al ganado. Sin embargo, la hierba se seca y muere al comenzar la estación seca, mientras que el follaje y los frutos de los árboles, por ejemplo las vainas de *Acacia*, continúan siendo apetecibles y mantienen su valor nutritivo durante mucho más tiempo. Como la capacidad de los árboles para conservar las hojas o las vainas varía según la especie, para asegurar el suministro de forraje durante toda la estación seca es esencial que haya una mezcla de especies, en la que se incluyan desde las especies cuyas hojas se agostan al comenzar la estación seca hasta especies siempre verdes, como algunos robles (*Quercus semecarpifolia*, por ejemplo,) e *Ilex* spp. en el Himalaya. Son relativamente escasos los estudios publicados sobre la ordenación de los

Excluidas Sudáfrica, China y Argentina, países sobre los que no existen datos pormenorizados.

árboles forrajeros, pero en el Nepal se está trabajando en este aspecto (Gilmour y otros, 1989; 1990; Applegate y Gilmour, 1987; Mohns y otros, 1988).

Rehabilitación de lugares degradados

La forestación de lugares degradados para regenerar la zona y la estructura del suelo se considera, cada vez más, como un objetivo forestal en sí mismo. En estas circunstancias, los árboles de poca altura y los arbustos, susceptibles de proporcionar una cubierta vegetal, pueden desempeñar un papel tan importante como los árboles de gran tamaño. A menudo es difícil, sin embargo, proteger y ordenar dichos lugares, particularmente si existe presión para dedicar la tierra a otros usos (aún no sostenibles), a menos que las comunidades locales puedan beneficiarse de los productos arbóreos del sitio. Es, pues, deseable mezclar especies formadoras de suelo y que proporcionan cubierta vegetal con especies forrajeras y otras que pueden utilizarse para leña, postes y madera.

En el Brasil, se han realizado experimentos de rehabilitación de sitios degradados prestando una atención especial a los requisitos ecológicos de cada especie y a la posición en la sucesión ecológica (Nogueira, 1977; Durigan y Nogueira, 1990). Generalmente, los resultados han sido buenos, pero el análisis de la regeneración natural subsiguiente indica que en las generaciones sucesivas se manifiesta una tendencia progresiva a la reducción de la diversidad de especies (tanto natural como inducida).

En la India se ha realizado la forestación del suelo que recubre una mina de dolomita (Ram Prasad y Camire, 1988). *Acacia auriculiformis, A. campylacantha, Gmelina arborea* y *Pongamia pinnata* mejoraban ligeramente su crecimiento en altura y en diámetro cuando se mezclaban con bambú, que sin embargo retrasaba un tanto el crecimiento de *Albizia procera*. En Madhya Pradesh se ha repoblado una zona en la que existe una mina de bauxita con *Shorea robusta*, mezclada con *Grevillea robusta, Eucalyptus camaldulensis, Toona ciliata* y *Pinus kesiya* (Ram Prasad, 1988); no se conoce con exactitud por qué se eligió una mezcla de árboles tan diversos y no se ha informado acerca del éxito de la mezcla.

Frecuentemente, en China se planta el arbusto *Hippophae rhamnoides* (espino amarillo) entremezclado con determinadas especies arbóreas. Es resistente a la sequía y al frío y es valorado no sólo porque contribuye a la conservación y mejora del suelo debido a su condición de fijador del nitrógeno, sino también por sus frutos (que son ricos en vitamina C) y otros productos como la leña, el forraje, las medicinas y el aceite. Este arbusto se mezcla con *Populus* spp. en las labores de conservación del suelo y en las cortinas protectoras, pero aunque cada año se plantan 60 000 ha con dicha especie, no se ha calculado la superficie en la que se realizan mezclas de especies ni las posibles ventajas relativas que pueden presentar dichas mezclas en comparación con las plantaciones puras. En China se planta también la especie *Robinia pseudoacacia* (acacia falsa) mezclada con álamos, pero no se han encontrado datos de que indiquen que en ese tipo de plantación mezclada el crecimiento de la masa arbórea principal y la producción de la estación son mayores que cuando se plantan masas puras de álamos.

Cortinas protectoras y cortavientos.

Esta función ya se ha mencionado en la sección dedicada al clima. Como los cortavientos se plantan generalmente para proteger los cultivos, han de ser estrechos para reducir al mínimo la superficie de tierra que se detrae a la producción agrícola, pero para disminuir la turbulencia, el cortavientos ha de tener una sección transversal de forma

triangular, en lugar de ser una barrera elevada de lados rectos. Una mezcla de especies de alturas distintas en la fase de madurez permitirá conseguir la forma deseada de la sección transversal y, probablemente, filtrará mejor el viento que una plantación densa de una sola especie. En Kano, Nigeria, se plantaron cortinas protectoras con ocho filas centrales de *Eucalyptus camaldulensis* y cuatro filas de otra especie a cada lado. Entre las otras especies figuraban *Acacia* spp., *Azadirachta indica* y *Anacardium occidentale* (adecuada para lugares más húmedos), con el propósito de talar la mitad de la anchura a los ocho años y luego mitades alternativas cada cuatro años para producir postes y leña (Lowe, 1991).

Plantaciones urbanas y periurbanas

La presencia de árboles en las ciudades sirve para mejorar el microclima y amortiguar el ruido. La plantación de árboles en zonas periurbanas no sólo es importante desde el punto de vista del esparcimiento, sino que, además, en las regiones áridas y semiáridas reduce la incidencia del viento y el polvo en la ciudad. Tanto las plantaciones urbanas como las periurbanas se encuentran en peligro por los efectos imprevisibles de la contaminación atmosférica. La mezcla de especies es deseable tanto por razones ornamentales, pues evita la sensación de uniformidad, como para incrementar las posibilidades de supervivencia de una parte de la cubierta arbórea en caso de que sufra daños bióticos o abióticos. Los graves efectos de la contaminación por ozono en los bosques naturales de *Abies religiosa*, en las colinas que rodean a la Ciudad de México, se han dejado sentir tempranamente, al igual que el daño sufrido por *Pinus jeffreyi* en las montañas de San Bernardino de California, donde sin embargo el cedro del incienso (*Calocedrus decurrens*) y el abeto plateado *(Abies amabilis)* apenas se han visto afectados.

Algunos ejemplos de plantaciones no industriales

Desarrollo forestal comunitario en el Nepal

En las montañas del Nepal existe una tradición de explotación controlada por las comunidades locales, pero los controles han desaparecido y la sobreexplotación ha reducido numerosos bosques de montaña a la situación de herbazales en los que se practica el sobrepastoreo y donde sólo subsisten algunos tocones desramados. En el decenio de 1970 se inició un programa de reforestación, utilizándose profusamente para las primeras plantaciones la especie nativa *Pinus roxburghii*. Se apreció que cuando se impedía el pastoreo tenía lugar una regeneración aceptable de frondosas como *Schima wallichii*, a partir de los antiguos tocones, de los renuevos y, luego, mediante semillas. Estas especies de frondosas son mucho más valiosas que el pino para las comunidades locales, tanto para obtener forraje y leña como para fabricar aperos agrícolas. Desde 1979, se han realizado experimentos, en el marco de un proyecto forestal australiano/nepalés, a fin de determinar las posibilidades de manejar mezclas de pinos y frondosas para obtener diferentes productos finales, y de determinar el rendimiento de dichas mezclas. Las opciones que se han ensayado han sido las del aclareo para favorecer a los pinos o a las frondosas en diversas proporciones y el tratamiento de las frondosas en monte bajo (Gilmour y otros, 1989, 1990; Applegate y Gilmour, 1987, 1988; Mohns y otros, 1988). Se han incluido plantaciones de enriquecimiento y en conjunto hay que considerar que el proyecto es más una plantación de enriquecimiento en unos bosques naturales sometidos a una intensa sobreexplotación que el establecimiento de plantaciones mezcladas. Es demasiado pronto para establecer conclusiones definitivas, pero de esta experiencia se pueden extraer algunas enseñanzas de carácter general para aplicarlas en las

actividades de desarrollo forestal comunitario en otras partes y, en particular, para ayudar a las poblaciones locales en el momento de elegir entre plantaciones mezcladas o puras:

- es esencial que las comunidades locales participen en la ordenación y planificación de los bosques establecidos;

- para que la comunidad pueda participar con conocimiento de causa en la planificación debe conocer con claridad las diversas opciones posibles, lo cual exige que haya parcelas de demostración;

- las instrucciones han de ser sencillas, pero no parece excesivamente complicado jugar con las mezclas de especies para modificar la proporción de especies de pinos y de frondosas.

El rotén

El rotén, una familia de palmas trepadoras, se explota para satisfacer las necesidades de las comunidades locales y como cultivo importante de exportación, particularmente en Indonesia y Malasia. De entre las cañas de rotén de pequeñas dimensiones, solamente las especies *Calamus caesius* y *C. trachycoleus* se plantan con profusión en la faja de bosques hidrofíticos de esta región. Son manojos de tallos y *C. caesius* ha sido considerado tradicionalmente como un cultivo propio de la agricultura itinerante. Se extrae totalmente entre los 7 y los 10 años de edad y nuevamente al final del período de barbecho, aproximadamente a los 14 años de edad. Sin embargo, si se recogen los manojos de forma selectiva en años alternos, pueden producir un rendimiento sostenido durante muchos años (Dransfield, 1979).

Generalmente, las cañas se cultivan en el bosque secundario, pero en Bangladesh también se han cultivado con éxito en plantaciones de caucho abandonadas e incluso en una plantación de *Pinus oocarpa* y en otra de *Shorea robusta* (Davidson, 1986). La gradación de la sombra es un factor esencial para la producción de rotén de buena calidad; cuando la sombra es excesiva, por ejemplo bajo *Dillenia* spp., el crecimiento del rotén es insuficiente, pero los entrenudos son más largos, y ésta es una característica positiva. En Sabah, en Malasia oriental, se ha calculado que el rendimiento de *Calamus trachycoleus* al cabo de 11 años es de 2,5 toneladas ha/año, con un valor de mercado de 800 $EE.UU. por tonelada, sin elaborar, y de 1 500 $EE.UU. por tonelada, elaborado (Dransfield, 1988).

Habitualmente, *C. manan* se cultiva para la producción de bastones de gran tamaño; esta especie no crece en forma de manojos y no brota de la base después de la corta, y por tanto sólo se puede cortar en una ocasión. Otras posibles alternativas son los rotenes de gran tamaño que forman manojos, tales como *C. inermis* o *C. merrillii*, procedentes de Filipinas. Otro problema que presenta *C. manan* es que su peso (llega a alcanzar los 180 m de longitud) puede derribar los árboles en los que se apoya. En la India y en Sri Lanka se cultivan otros tipos de rotén y existe incluso una especie africana de rotén.

Parece que el rotén produce un buen rendimiento económico, de hasta 3 500 $EE.UU./ha/año en bruto al cabo de 11 años, con pocos gastos de ordenación. Se ha de cultivar en mezclas, pero no puede afirmarse con exactitud en qué medida la especie con la que se mezcla contribuye a aumentar los rendimientos. Las posibles opciones son considerar el rotén como un componente de la fase sucesional secundaria temprana del

ecosistema y aceptar que será sustituido en fases sucesivas, intentar modificar el vuelo para conservarlo durante un turno más largo o mantener la plantación en una fase temprana de sucesión para favorecer al rotén a expensas de otros componentes de la masa arbórea. Es éste un campo en el que pueden realizarse ulteriores investigaciones.

El sándalo (véase también el Apéndice 4)

El sándalo es una raíz hemiparásita que puede crecer en asociación con una variada gama de huéspedes, incluidas las gramíneas. Se encuentra en la India, Australia y la cuenca del Pacífico. Existen 14 especies, pero la más valiosa y una de las más robustas es *Santalum album*, que crece de forma natural en la India y en Timor occidental, en Indonesia. Esta especie se planta en la actualidad en Australia occidental y en muchas de las islas del Pacífico, donde se han explotado intensamente las especies autóctonas.

El sándalo es una de las maderas más valiosas del mercado mundial. En la India, el sándalo se labra y la madera que se dedica a esa finalidad alcanza un precio de 9 400 dólares EE.UU. por tonelada. El sándalo australiano se vende principalmente en el mercado del Lejano Oriente para incienso e incluso las astillas y el polvo de sándalo pueden alcanzar un precio de 1 300 dólares EE.UU. por tonelada. El aceite de sándalo se vende en los mercados de Europa y América del Norte a 1 500 dólares EE.UU. por kg.

Se ha descubierto que se puede mejorar el establecimiento del sándalo utilizando un huésped primario en el vivero, pero en el campo el sándalo y su huésped primario deben plantarse en las proximidades de un huésped secundario, generalmente una especie más grande y robusta. El huésped primario debe ser un arbusto bajo, como *Cajanus cajan* o *Sesbania grandiflora;* se ha comprobado que *Acacia* spp., *Albizia* spp. y otras leguminosas como *Bauhinia biloba, Dalbergia sissoo* y *Terminalia* spp. también son adecuadas, pero *Pinus caribaea* y *Araucaria* spp. no han dado resultados satisfactorios.

Conclusiones sobre los productos y servicios no industriales

La introducción en las plantaciones de especies que proporcionan productos y servicios no industriales supone una gran ayuda para que la población rural pueda obtener muchos de los productos forestales que necesita y pueda intervenir en la producción de bienes que luego serán utilizados en otros lugares, caso del cultivo del rotén y el sándalo. Ciertamente, en este estudio sólo se han mencionado algunas de las especies que pueden utilizarse con este fin. Ello no indica que no exista demanda de esos productos, sino que no se han realizado las investigaciones necesarias para incorporarlos en las plantaciones monoespecíficas como plantación de enriquecimiento.

5. EL MANEJO DE LAS MEZCLAS

Existen dos instituciones importantes que examinan la clasificación de las mezclas, los métodos de conseguirlas y su resultado:

- El Servicio Forestal Indio, en la cuarta y la quinta Conferencias sobre Silvicultura celebradas en Dehra Dun en 1934 y 1939. Las actas de dichas conferencias ofrecen abundantes datos sobre diversas experiencias y directrices adecuadas para el establecimiento de plantaciones forestales mezcladas en el subcontinente indio.

- El Centre Technique Forestier Tropical ha estudiado este tema en el Africa occidental y diversos informes y artículos se han reunido en un capítulo del Estudio FAO Montes N° 98, *Les Plantations à Vocation de Bois d'Oeuvre en Afrique Intertropical Humide* (FAO, 1991b). En dicho estudio figura una clasificación y criterios para seleccionar y ordenar las mezclas de especies.

Las dos fuentes citadas son complementarias y llegan a conclusiones similares. La clasificación que se presenta a continuación está tomada de ambas fuentes.

Clasificación de las mezclas

Ninguna clasificación de las plantaciones mezcladas es totalmente satisfactoria, puesto que no existe una diferenciación clara entre las distintas clases de mezclas, sino que se produce un paso gradual de una a otra, según el sitio y la intensidad de la intervención silvícola. Se propone la siguiente clasificación, teniendo en cuenta la estructura de la masa y la duración de la mezcla en relación con el turno:

1. Vuelo de dos estratos.
   1.1. Mezcla temporal, resultado final: masa de una sola especie.
   1.2. Mezcla permanente, resultado final: masa de múltiples especies.

2. Vuelo de un solo estrato.
   Generalmente, mezcla permanente, resultado final: masa de múltiples especies.

En general, se hará referencia a mezclas de dos especies. Aunque es posible realizar mezclas más complejas, incluso el manejo de dos especies en una plantación es difícil y cada especie adicional incrementa las dificultades.

1. <u>Vuelo de dos estratos</u>

1.1. Mezclas temporales, que desembocarán en una masa de una sola especie antes de que termine el turno.

- Se utilizan plantas protectoras para ayudar a una especie más valiosa a superar la difícil fase de establecimiento. Habitualmente, se utilizan para brindar protección frente a factores climáticos adversos -heladas, insolación- o para impedir ataques de insectos. En las zonas templadas, es una práctica habitual utilizar plantas protectoras que protegen de las heladas. También se utilizan con esa finalidad en algunas zonas subtropicales, como en el Himalaya. En los trópicos, es común la utilización de árboles de crecimiento rápido para proteger especies valiosas de la familia de las meliáceas y otras especies como *Milicia (Chlorophora) excelsa*, en la fase en que son vulnerables a los ataques del barrenador de los brotes. No se han encontrado

apenas referencias sobre las investigaciones realizadas para evaluar la eficacia de esta estrategia, pero se cree que la sombra inhibe la presencia de los barrenadores. Las plantaciones de *Swietenia macrophylla* (caoba) de Sundapola, en Sri Lanka, constituyen un buen ejemplo de la utilización satisfactoria de plantas protectoras, aunque en la Conferencia de Dehra Dun (1939) se manifestó que las mezclas de teca y *Swietenia macrophylla* habían fracasado en la India y en Sri Lanka. En cambio, las plantaciones puras de caoba de las Fiji y la Martinica crecieron bien sin la presencia de plantas protectoras y, evidentemente, sin haber sufrido ataques intensos de los barrenadores.

Conocer la sucesión de especies en el sistema local puede facilitar la selección de especies protectoras. En un bosque de *Terminalia*, propenso a los incendios, se establecieron con éxito *Milicia (Chlorophora) excelsa* y *Entandrophragma grandifoliola*, utilizando *Phyllanthus discoideus* como especie protectora (Dawkins, 1949). Transcurridos 40 años, aunque la estación ha sufrido diversas vicisitudes, se ha señalado que *M. excelsa y E. grandifoliola* se han adaptado en estaciones húmedas.

Es interesante el sistema que se aplica en el Nepal con respecto a las especies protectoras. En los planes de repoblación forestal de las aldeas, la plantación de pinos define con toda claridad la superficie que se ha de repoblar, lo cual hace más fácil y eficaz la tarea de proteger la zona de las actividades incontroladas de corta de madera por sus habitantes y del ramoneo por sus ganados. En muchos casos no es necesario vallar la zona en cuestión. Este sistema ha permitido la regeneración de las especies más valiosas de frondosas bajo la cubierta de pinos. Posteriormente. se pueden eliminar los pinos o permitir que crezcan como un componente adicional en una masa mezclada de frondosas (Gilmour y otros, 1990).

- Razones silviculturales, para mejorar la forma de la masa principal. Esto puede ser un efecto del espaciamiento y, aunque no se ha comprobado científicamente, se considera que la morfología del fuste de *Pterocarpus dalbergioides*, en las islas Andaman, mejora cuando esta especie crece en medio de un piso dominante de *Lagerstroemia hypoleuca, Terminalia bialata,* etc. También se producen mejoras en el caso de *Dalbergia latifolia* (Servicio Forestal Indio, 1939).

- Cuando escasea la especie principal o ésta es costosa o difícil de establecer se pueden utilizar especies de relleno. En tales casos, los árboles de la especie principal se plantan a una distancia considerable de otros, en un núcleo de especies de relleno poco costosas que pueden servir para eliminar las malas hierbas, para dar sombra a la especie principal o para proporcionar una cubierta vegetal que proteja el suelo. En Indonesia, se recomendó plantar *Altingia excelsa, Schima wallichii* var. *noronhae y Eugenia polyantha* bajo *Toona sureni*, con el objetivo principal de establecer una cubierta vegetal, siendo la producción de madera una finalidad secundaria (Grutterink, 1930).

En los bosques de los trópicos húmedos, los objetivos mencionados anteriormente (introducir especies de protección y de relleno y conseguir una mejora silvícola) pueden alcanzarse mediante la plantación de enriquecimiento. Las especies residuales, de escaso valor y de crecimiento espontáneo, de los bosques talados tienen una función protectora, cultural o de relleno, aunque en muchas estaciones el predominio de las trepadoras limita sustancialmente los beneficios que reporta la introducción de especies de relleno. Es difícil encontrar ejemplos en los que la plantación de enriquecimiento para establecer plantaciones industriales sea un éxito económico total. Se veía con un cierto optimismo la experiencia de

conjugar la plantación de bosquetes de *Maesopsis eminii* con la explotación del bosque residual para la obtención de carbón vegetal (Earl, 1968), pero no existen informes recientes sobre estos trabajos. Por otra parte, una serie de especies introducidas, como *Albizia chinensis, Melia azedarach, Milletia dura* y, en particular, *Maesopsis eminii,* han invadido el bosque natural en las montañas de Usambara oriental, en Tanzanía, donde en la actualidad compiten con las especies autóctonas (Binggeli y Hamilton, 1990). Sin embargo, cuando el objetivo principal no es producir madera sino mantener un ecosistema diversificado, es recomendable recurrir a la plantación de enriquecimiento porque el proceso de establecimiento no entraña riesgos para el suelo.

- En determinadas ocasiones, la mezcla de especies puede reportar beneficios económicos rápidos si la masa principal es una especie valiosa, pero de crecimiento lento y esciófila, que carece de valor como producto de aclareo. La posibilidad de obtener beneficios rápidamente plantando una mezcla de especies o una especie de crecimiento rápido puede aumentar el atractivo económico de un proyecto. En la India y en Myanmar, la plantación de *Xylia dolabriformis* con teca no fue satisfactoria (Servicio Forestal Indio, 1939), pero como la teca tendía a inhibir a *X. dolabriformis,* el fracaso no fue demasiado grave, especialmente porque la mezcla de especies dio lugar a un mayor espaciamiento de la teca, en un período en que la separación solía ser demasiado reducida. En Nigeria, se informó sobre el establecimiento satisfactorio de *Lovoa trichilioides* y *Entandrophragma utile* con *Nauclea diderrichii*, que puede explotarse para la obtención de postes a la edad de 15 años (Lamb, 1991; Lowe, 1991).. En las islas Salomón, se han realizado experimentos sobre el crecimiento de *Swietenia macrophylla* en una masa principal de *Securinega flexuosa*, que puede comercializarse en forma de postes para la construcción de viviendas a la edad de cinco o seis años, y asimismo se espera reducir la incidencia de ataques del barrenador de los brotes *Hypsipyla* contra la caoba (Islas Salomón, 1988a).

Es de gran importancia eliminar en el momento oportuno la especie provisional y actuar con el máximo cuidado para no dañar la masa principal cuando se efectúa la remoción de los árboles de protección.

1.2 Mezclas permanentes

- Piso inferior para mejorar el suelo. En el apartado dedicado a los suelos se ha aludido a la necesidad de mantener el contenido de materia orgánica de la capa superficial del suelo y, asimismo, a las condiciones que pueden favorecer su agotamiento, por ejemplo la acumulación de residuos vegetales (Morris, 1986) o su eliminación como consecuencia del fuego en las plantaciones de teca (Bell, 1973). Las hojas de determinadas especies se descomponen más fácilmente y constituyen un entorno más adecuado para la microfauna y la microflora, que son los principales agentes de conversión de los residuos vegetales en la materia orgánica del suelo. En Costa Rica, se ha comprobado que la mezcla de *Cordia alliodora* con otras especies acelera notablemente la descomposición de las hojas de *C. alliodora* (Babbar y Ewel, 1989). En Indonesia, se decidió a principios del siglo XX introducir en las plantaciones de teca un piso inferior de otras especies a fin de mejorar los suelos o las condiciones hídricas, aunque un requisito esencial era también la producción de madera más fácil de comercializar. Las opiniones estaban profundamente divididas sobre la necesidad o utilidad de plantar mezclas de especies. En los años treinta se disponía de datos que indicaban que la plantación de especies mezcladas no era

económicamente rentable (Hart, 1931a) y que promoviendo la formación de un piso interior natural podían conseguirse mejores resultados económicos con los mismos efectos ecológicos (Kunst, 1918). Se indicó que las consecuencias favorables de la existencia de un piso inferior de *Leucaena* sp. se podían atribuir a los efectos de las operaciones de cultivo más que a la especie en sí (Hart, 1931b). En la zona nororiental de Zambia, la ausencia de un estrato profundo de hojarasca bajo *P. kesiya* a la edad de 20 años (altura, 18 m; dap, 23 cm; pH del suelo, 6,2) estaba asociada con una cubierta de vuelo abierta y una buena cubierta vegetal, en la que podían encontrarse *Desmodium ascendens* var. *robustum* y *Sphenostylis marginata*, así como lombrices de tierra (Lawton, 1991).

En Trinidad, la plantación de teca con un espaciamiento reducido hizo aumentar la incidencia de incendios, al acumularse en el suelo forestal las hojas caducas de la teca sin descomponerse. Desaparecieron, así, especies fácilmente inflamables, lo cual a su vez determinó la pérdida casi total de materia orgánica en la capa superficial del suelo y una intensa erosión. Anteriormente, las plantaciones de teca se establecían con un espaciamiento mayor y con mezcla de otras especies. Eso permitía que las hojas de la teca se descompusieran mucho más rápidamente y el suelo del bosque, mucho menos propenso a los incendios, era más adecuado para la regeneración natural de árboles y arbustos locales. La cubierta vegetal era más abundante, las condiciones del suelo mejores y la erosión menos pronunciada (Bell, 1973).

Frecuentemente, se propugna la plantación de árboles fijadores del nitrógeno, particularmente acacias, como *Acacia auriculiformis*, que puede rebrotar bajo *Eucalyptus exserta* en China (Barnes, 1991; Kaeokamnerd, 1991) o las mezclas de álamos con *Hippophae rhamnoides* o *Robinia pseudoacacia* (véase el Capítulo 4). El crecimiento de especies fijadoras del nitrógeno mejora las condiciones del suelo e incrementa la utilidad de las plantaciones para la población, que puede obtener de ellas una gama más variada de productos. Sin embargo, no hay datos relativos a los trópicos que indiquen una mejora significativa de la masa principal. No obstante, se conocen en América del Norte casos bien documentados en los que las especies fijadoras del nitrógeno favorecen el crecimiento de uno o más componentes de una mezcla.

2. Vuelo de un solo estrato

Con esta expresión se hace referencia al mantenimiento de una mezcla de dos especies leñosas, ambas dominantes. Generalmente, dicha mezcla es permanente durante el período de duración del turno, aunque siempre existe la posibilidad de conservar una sola de las dos especies, con lo cual la mezcla sería temporal. Entre las razones que pueden justificar una mezcla de especies en un solo estrato figuran las siguientes:

- La sinergia. Dos especies que crecen juntas producen un rendimiento superior a la media del rendimiento que generarían en plantaciones puras distintas. En Escandinavia se han experimentado los efectos de la mezcla de especies en los bosques de pinos y abetos (Jonsson, 1961) y en Bélgica, Alemania y Francia en los bosques de hayas y robles. En Queensland, se ha plantado *Pinus elliottii* con *Araucaria cunninghamii* y la mezcla ha favorecido el crecimiento de esta última especie, pero esta práctica se ha abandonado porque las estaciones quedaban fuera del ámbito normal de *A. cunninghamii* (Applegate, 1991). En la India, se ha observado que la mezcla de *Bombax malabaricum* y *Acacia catechu* crece mejor que cualquiera de las dos especies por separado (Servicio Forestal Indio, 1939).

La mezcla de *Eucalyptus* y *Albizia* en Hawai (DeBell y otros, 1985) es un ejemplo en los trópicos de sinergia asociada con la fijación del nitrógeno. En este caso se da la circunstancia, poco habitual, de que la especie fijadora del nitrógeno crece más y con mayor rapidez que la "especie principal". Este ejemplo se analiza más detenidamente en otro apartado del presente capítulo.

- Reducción de la incidencia de las plagas y enfermedades. Este aspecto se ha estudiado pormenorizadamente en el Capítulo 3. Al parecer, las mezclas permanentes son un obstáculo eficaz para la difusión de plagas y enfermedades cuando las especies arbóreas valiosas que se han de proteger están muy dispersas, como en el caso de *Milicia (Chlorophora) excelsa*, vulnerable a los ataques de *Phytolyma lata* (Gibson y Jones, 1977). De hecho, en determinadas ocasiones, las mezclas de especies pueden aumentar la probabilidad de los ataques, por ejemplo porque se introducen huéspedes alternativos. Así pues, no puede pensarse que las mezclas constituyan una mayor protección en todas las estaciones y para todas las especies.

- El viento. En las zonas templadas, la mezcla de hayas y alerces, por ejemplo, puede aumentar la resistencia al viento, pero no existen muchos testimonios de este tipo con respecto a los trópicos. En Sudáfrica, se confiaba en que la introducción de *Pinus radiata* (cuyas raíces penetran, supuestamente, a mayor profundidad) en medio de masas de *Acacia melanoxylon*, que es vulnerable al viento, permitiría mejorar la estabilidad, pero la experiencia no fue satisfactoria (de Zwaan, 1981).

- Razones de seguridad económica. Esto se analiza con mayor detalle en el Capítulo 7. Si no se sabe con certeza qué especies darán mejor resultado en un lugar, o si existe el riesgo de que se registre algún fenómeno imprevisible -heladas tardías, viento, sequía-, puede ser conveniente plantar dos o más especies (Servicio Forestal Indio, 1939; Heybroek y van Tol, 1985). En estos casos, la mezcla de especies es, con frecuencia, temporal. En efecto, al finalizar el turno se habrá formado una masa monoespecífica y será innecesario mantener la mezcla en el segundo turno, pues ya se poseerá información sobre los requisitos de emplazamiento de cada una de las especies que componen la mezcla (Heybroek y van Tol, 1985). Deberá adaptarse cuidadosamente la mezcla al lugar y será útil conocer qué especies forman la sucesión en el ecosistema.

Criterios silvícolas para el establecimiento satisfactorio de las mezclas

- En las mezclas provisionales, las especies han de ser compatibles, de manera que la especie secundaria no ha de ser demasiado exigente. Por ejemplo, es necesario que no posea una copa demasiado vigorosa, para que las dos especies puedan coexistir durante varios años sin que sea necesario intervenir.

- En las mezclas permanentes del vuelo de estrato único, sólo en un número reducido de lugares y aplicando criterios silvícolas y opciones de ordenación muy concretos tendrán posibilidades de éxito las mezclas de especies.

El sitio debe ser adecuado para las dos especies (Jonsson, 1961; FAO, 1991b). Generalmente, son muy pocas las zonas que pueden satisfacer los requisitos de emplazamiento de dos especies. Es posible ampliar la extensión de los lugares en los que pueden crecer juntas dos especies mediante una intervención de carácter silvícola, que suele

producir un descenso de la rentabilidad económica. En definitiva, como ya se ha puesto de relieve, la adaptación de las especies al lugar es uno de los primeros requisitos para una buena práctica forestal, tanto en las plantaciones puras como mezcladas.

Las características silvícolas han de ser compatibles, lo cual significa, en esencia, que las dos especies deben corresponder aproximadamente a la misma etapa en la sucesión secundaria y que deben tener características similares por lo que respecta a la copa. Además, el crecimiento inicial en altura de las dos especies ha de ser comparable. Así, la mezcla de *Khaya* spp. o *Entandrophragma* spp., de crecimiento lento, con *Terminalia* spp. o *Triplochiton scleroxylon* tiene pocas probabilidades de éxito, mientras que las mezclas de *Terminalia superba, T.ivorensis* y *Triplochiton scleroxylon* pueden ser satisfactorias. (FAO, 1991b).

También han de ser similares el umbral a partir del cual se establece una competencia y, por tanto, la densidad de plantación, el área basimétrica máxima y la periodicidad e intensidad de las talas de aclareo.

En los trópicos, es beneficioso que las edades de rotación sean similares (FAO, 1991b), puesto que los árboles dominantes suelen tener copas anchas y las operaciones de aclareo pueden dañar gravemente a los árboles residuales. En Escandinavia, donde las copas son relativamente estrechas, se recomienda la eliminación del abedul en las masas de pinos y abetos cuando se alcanza, aproximadamente, el 60 por ciento de la edad de la rotación (Mielikainen, 1985; Tham, 1988).

Desde hace algunos años, en Alemania y en otros países de Europa central existe un gran interés en realizar las plantaciones forestales con criterios ecológicos racionales. Muchas veces se critican las plantaciones monoespecíficas por los riesgos, demasiado grandes, que supone intentar obtener un aprovechamiento óptimo con unos objetivos demasiado limitados (Brunig, 1983), pero probablemente se sobreestiman las ventajas que presentan los bosques de entresaca y la ordenación "natural" (Kenk, 1990). Con las plantaciones mezcladas se ampliarían los objetivos, pero está todavía por ver si en las masas tropicales de especies múltiples se pueden utilizar, según se afirma, modelos de producción en lugar de tablas de producción, mucho más rígidas. Se recomienda mantener masas forestales claras para fomentar el sotobosque autóctono, ya que así se pueden alcanzar los mismos resultados que con el sistema de aclareo intenso para conseguir el máximo crecimiento de los árboles más valiosos, sistema propugnado hace casi 40 años en Sudáfrica por razones económicas (Craib, 1947). En algunos países tropicales abundan los ejemplos de plantaciones de pino, ciprés y teca excesivamente densas, con consecuencias claramente negativas para las estaciones. Dichos efectos no son imputables a la composición monoespecífica de la masa, sino a problemas de ordenación.

Métodos de establecimiento de las mezclas

Las mezclas pueden establecerse como mezclas íntimas (cuando las especies se mezclan dentro de las líneas), mediante plantación en líneas (en ese caso cada una de las líneas está formada por una sola especie), que puede consistir en un número indefinido de líneas de especies distintas, o por grupos. Las mezclas íntimas y por líneas se han descrito de forma bastante detallada en la cuarta Conferencia sobre Silvicultura de Dehra Dun (Servicio Forestal Indio, 1934). Una de las conclusiones generales de esa Conferencia es la extraordinaria dificultad que presenta el manejo de las mezclas, a menos que una de las especies sea claramente dominante y la otra sea una especie de sombra que puede sobrevivir

totalmente dominada. En otras palabras, es más fácil gestionar la mezcla en un vuelo de dos estratos que una mezcla de un solo estrato. Desde el punto de vista administrativo, la plantación en líneas es la más fácil de establecer, pero también es la que presenta mayores dificultades técnicas, particularmente si las especies no son compatibles. La plantación de *Cupressus* spp. mezclada con *G. Grevillea robusta* en Kenya, es un intento, sin éxito, de establecer una mezcla en líneas (Graham, 1949). Las especies arbóreas no eran compatibles y los cipreses que crecían en las proximidades de las líneas de *G. robusta* presentaban una pronunciada curvatura del fuste. Las mezclas íntimas son las que permiten conseguir resultados más satisfactorios si la plantación de la mezcla se ha realizado como "seguro", pues las copas de los árboles que crecen bien pueden ocupar, con el mínimo efecto de borde, el espacio que dejan los ejemplares que fracasan. Sin embargo, la aparición de una mezcla natural adopta, con frecuencia, la forma de un mosaico de pequeños grupos en respuesta a las pequeñas diferencias existentes en la estación.

En el Zaire se han establecido plantaciones en una zona de matorral natural utilizando grupos de plantas de un máximo de 37 ejemplares, con un espaciamiento reducido (0,5 m) dentro de los grupos y con 10 m de separación entre los grupos. Se utilizó una variedad de especies exóticas como eucaliptos y pinos, *Grevillea robusta* y *Acacia decurrens*. En una variante de esta técnica, se mezclaron en cada grupo las especies *Cupressus lusitanica, Eucalyptus grandis* y *Acacia decurrens*. Al parecer, al seleccionar las especies no se había tenido en cuenta que fueran compatibles. A los 30 meses, las fotografías indicaban que el crecimiento era bueno en los diversos grupos, pero parecía haber desaparecido el matorral y los efectos de borde debían de ser importantes. Se proyectó aplicar también esta técnica, que se basa en los grupos descritos por Anderson (Anderson, 1953) en Kivu y Rwanda (Pierlot, 1955), pero no se posee información sobre esta experiencia.

En el Capítulo 1 se ha definido la mezcla en sentido amplio como aquella que está formada por diferentes especies o procedencias en bloques contiguos. También las mezclas de clones pueden definirse en el sentido amplio de bloques contiguos. Este tipo de mezcla se ha utilizado en Aracruz, en el Brasil. Se han preparado clones de eucaliptos para cada tipo de estación y de un total de unos 100 clones disponibles se utilizan 10 ó 15 en cada estación en bloques de 5 a 30 ha (Burley e Ikemori, 1988).

Requisitos del manejo de las mezclas

En las plantaciones mezcladas se requiere un manejo más intensivo que en las plantaciones de una sola especie. Por tanto, en las primeras hay que prestar mayor atención a los detalles y el margen de error es más reducido. Los requisitos del manejo de las mezclas pueden agruparse en tres apartados fundamentales:

Claridad de objetivos

Se ha de especificar con toda claridad el objetivo que se pretende alcanzar mediante la mezcla de especies, ya sea la mejora del suelo, el aumento del rendimiento por sinergia, la reducción de los efectos negativos sobre la fauna silvestre, etc. Una vez se han especificado claramente los objetivos será posible establecer y mantener la mezcla. Lo más conveniente es que los objetivos no se modifiquen durante toda la duración del turno, pero una de las ventajas que presenta la mezcla de especies es que si se produce una modificación en los mercados existe la posibilidad de cambiar los objetivos para poder atender las nuevas demandas.

Experiencia

Dupuy (1986) ha señalado que el manejo de las plantaciones mezcladas es una tarea delicada. Aunque se pueden dar algunas orientaciones a los técnicos forestales, las decisiones han de tomarse sobre el terreno porque es necesario tomar en consideración las pequeñas diferencias que puedan existir entre diversas estaciones. Sólo la experiencia, y más concretamente la experiencia de una estación específica, permitirá adoptar las decisiones más adecuadas para dicha estación. Aunque en algunas plantaciones mezcladas "taungya" de Sapoba, Nigeria, se han obtenido árboles de caoba en buenas condiciones pese a que la gestión fue discontinua e inapropiada (Lamb, 1991; Lowe, 1991) ello no invalida el principio de que para que las plantaciones mezcladas den buenos resultados económicos han de ser objeto de una gestión adecuada.

Continuidad de la gestión

En algunas zonas de Europa central no son raros los casos en los que tres generaciones de una misma familia se hacen cargo de las tareas de gestión de un bosque, a lo largo de varios decenios. Este sistema permite acumular experiencia y luego trasmitirla. En cambio, en algunos países existe la norma de trasladar a los funcionarios, incluso los de menor nivel, cada tres años y ello impide adquirir conocimientos sobre a las necesidades silvícolas del bosque. Los efectos negativos que comporta el traslado de personal se pueden contrarrestar en cierta medida si existen registros adecuados y un buen plan de ordenación y si se hacen cumplir las medidas previstas en dicho plan. Aunque, generalmente, la política de mantener al personal en el mismo lugar durante mucho tiempo no da buenos resultados, también es difícil obtenerlos si no se garantizan los fondos adecuados y una cierta continuidad en las tareas de gestión, especialmente en las plantaciones mezcladas.

La falta de medidas de ordenación favorecerá la tendencia a que una especie predomine sobre la otra y a que se formen masas o grupos monoespecíficos.

Algunos ejemplos de mezclas de especies

Ofrecemos a continuación algunos ejemplos que permitirán ilustrar determinados aspectos.

a) Recreación de las condiciones de los bosques naturales

En los bosques hidrofíticos tropicales, cuando la acción del hombre destruye una superficie de mayor extensión que una pequeña parcela, habrán de pasar varios siglos para que el bosque alcance el clímax de forma natural (Adlard, 1978). En el decenio de 1930, se establecieron de forma artificial parcelas de demostración de dipterocarpáceas en el Instituto de Investigación Forestal de Kepong, plantándolas bajo cultivos protectores de *Albizia falcataria*. Las parcelas se establecieron en minas de estaño rehabilitadas y en huertas abandonadas. La especie protectora se cortó pronto, pero con el paso de los años se han regenerado especies locales bajo las dipterocarpáceas. En la actualidad, transcurridos 60 años, se considera que algunas de dichas parcelas recrean de forma bastante aproximada las condiciones de la sucesión secundaria del bosque natural que existió en otro tiempo en esa estación (Ng 1991).

En algunas zonas del Brasil se ha intentado recrear el bosque natural. Se ha plantado en algunas estaciones una variada gama de especies, autóctonas en su mayor parte pero

algunas de ellas exóticas. A continuación, se han estudiado dichas plantaciones para determinar los requisitos ecológicos de las distintas especies y su posición en la sucesión (Nogueira, 1977; Kageyama y otros, 1990). En Sao Paulo, se realizó una plantación experimental en una zona deforestada desde hacía 50 años. Transcurridos 22 años, se observó que se había formado un vigoroso bosque subcaducifolio con árboles de hasta 20 m de altura. En cambio, en Candida Mote se llevó a cabo un estudio de regeneración natural en una plantación de 15 años de edad establecida en las riberas de un río. Aunque se habían regenerado 42 especies, el 64 por ciento de la población forestal estaba constituida por *Nectandra megapotamica* y se manifestaba una fuerte tendencia a la formación de un bosque "homogéneo" (Durigan y de Souza Dias, 1990). Sin duda, conocer la ecología local y las especies de cada fase de la sucesión puede ser de gran ayuda. En Uganda, el conocimiento de la ecología local permitió seleccionar con éxito las especies arbóreas protectoras de *Chlorophora excelsa* (Dawkins, 1949). En Sierra del Rosario, Cuba, se ha realizado una clasificación pormenorizada de las especies en función de su posición en la sucesión y de sus requisitos silvícolas (Canizares y otros, 1987).

No hay indicaciones de que en las plantaciones brasileñas mencionadas anteriormente se pueda obtener madera comercial ni de que se establecieran con otro propósito que no fuera el de proteger las márgenes del río. En cambio, las parcelas de dicterocarpáceas de Kepong, aunque en la actualidad forman una zona recreativa, contienen madera comercial de dimensión cortable. Este ejemplo pone en evidencia que en un lapso de tiempo razonable es posible recrear las condiciones del bosque secundario en parcelas muy reducidas.

b) Una plantación de caoba

A comienzos del siglo XX se estableció en Sundapola, Sri Lanka, una mezcla de caoba (*Swietenia macrophylla)*, teca *(Tectona grandis)* y jaqueira (*Artocarpus integrifolius)*. El objetivo de la mezcla era proteger a la caoba de los ataques de *Hypsipyla robusta*. En los años cincuenta se había registrado una importante regeneración de la caoba, aunque es difícil saber si ello fue fruto de la protección frente al ataque de los perforadores o se debió a que la caoba es una especie de sombra y de crecimiento rápido. Se decidió ordenar la zona como un bosque de entresaca favoreciendo la especie más valiosa, que era la caoba (Tisseverasinghe y Satchithananthan, 1957). Durante 30 años se realizó con éxito esa actividad y en 1963 la teca y la jaqueira suponían sólo el 20 por ciento de la masa forestal (Muttiah, 1965). La corta se realiza con gran cuidado y debido al gran valor de la caoba se insiste en la necesidad de desramar los árboles antes de la tala.

Es éste un caso poco habitual de mantenimiento de una especie protectora en la cubierta superior del bosque una vez conseguido el objetivo para el que se plantó, aunque con una densidad mucho menor que al realizar la plantación original. Ilustra también que es posible convertir una plantación mezclada en una masa monoespecífica, aunque las circunstancias de Sundapola son poco comunes, en el sentido de que se aplican en los trópicos técnicas de corta selectiva en plantaciones básicamente monoespecíficas.

c) Africa occidental

Se ha practicado el manejo de mezclas de *Terminalia* spp., *Khaya* spp., *Heritiera utilis, Triplochiton scleroxylon, Nauclea diderrichii, Lovoa trichilioides* y *Aucoumea klaineana* entre las especies autóctonas y la teca, *Cedrela odorata, Gmelina arborea* y diversas clases de pinos como especies exóticas (FAO, 1991b).

En los bosques perennifolios densos se pueden establecer en masas puras *Heritiera utilis, Aucoumea klaineana, Nauclea diderrichii* (turno largo, de más de 35 años) y *Terminalia ivorensis, T. superba, Gmelina arborea* y pinos (turno corto, de 20 a 25 años). Es necesario recurrir a la mezcla de especies para plantar *Khaya ivorensis, K. senegalensis* y *K. anthotheca* con *Heritiera utilis* y *Nauclea diderrichii*. En este caso, existe la opción de conservar únicamente la especie secundaria si fracasa la plantación de *Khaya*.

En la zona de transición de los bosques perennifolios densos a los bosques subcaducifolios densos se pueden establecer mezclas de *Terminalia ivorensis* y *T. superba*. Asimismo, cualquiera de esas dos especies se puede mezclar con *Triplochiton scleroxylon*; y la proporción de los componentes de la mezcla se puede controlar mediante claras tempranas o tardías. En la zona de bosques subcaducifolios se pueden plantar dichas especies, así como *Gmelina arborea,* mezcladas con la teca como especie secundaria. Pero pueden plantarse como masas puras todas las especies citadas y *Cedrela odorata*.

En las sabanas arboladas se pueden plantar la teca y *G. arborea,* tanto en forma de masas puras como mezcladas.

Es interesante señalar que la teca es considerada como una especie secundaria y de sombra, mientras que, generalmente, en otras partes está calificada como especie dominante y de luz. De entre las especies mencionadas anteriormente, *Terminalia* spp., *Triplochiton scleroxylon, Aucoumea klaineana, Gmelina arborea, Cedrela odorata* y el pino son especies de luz y *Heritiera utilis, Khaya* spp., *Nauclea diderrichii* y la teca toleran relativamente bien la sombra.

La experiencia indica que las mezclas que se han de evitar, por ser incompatibles los ritmos de crecimiento (Dupuy, 1985), son las siguientes:

Tieghemella spp. con *Heritiera utilis*
Cedrela odorata con *Entandrophragma utile* o *Terminalia ivorensis*
Terminalia ivorensis con *Khaya* spp. o *Entandrophragma utile*
Triplochiton scleroxylon con *Khaya* spp. o *Tieghemella* spp.

En la reserva forestal del río Mamu, en Nigeria, se plantaron caobas (*Khaya* spp., *Entandrophragma* spp. y *Lovoa trichilioides)* en una matriz de *Gmelina arborea*, que se cortó según un sistema de rotación decenal. Al cabo de dos o tres rotaciones, las caobas superaban en altura a *G. arborea* y formaban una cubierta cerrada, pero es dudoso que el rendimiento económico fuera bueno (Lowe, 1991).

La principal enseñanza que se debe extraer de la experiencia del Africa occidental es que el éxito de la mezcla de especies para la producción de madera exige adaptar perfectamente las especies al lugar y conocer qué especies son compatibles desde el punto de vista ecológico y silvícola.

d) Plantaciones clonales de eucaliptos

En Aracruz (Brasil) se ha construido una fábrica de pasta de madera que obtiene la materia prima de una superficie de 82 000 ha de plantaciones de eucalipto. En dichas plantaciones se ha adoptado un turno de siete u ocho años y la aplicación de un programa de mejoramiento intensivo ha permitido conseguir una gran uniformidad en cuanto a las variedades y una elevada productividad. Ello ha sido posible desarrollando clones con los

caracteres adecuados de vigor, rectitud del fuste, ramificación, capacidad de rebrotar de la cepa, resistencia a las enfermedades, densidad de la madera, etc. (Burley e Ikemori, 1988; Aracruz Cellulose, 1988; Campinhos e Ikemori, 1986). En este caso, las plantaciones forestales reciben un tratamiento lo más parecido posible al de los cultivos agrícolas y se alejan en la mayor medida posible del concepto de plantaciones mezcladas, aunque desde luego existen diferentes especies de híbridos. Se decidió evitar la tentación de centrarse en los clones de mayor rendimiento y constituir una reserva de un centenar de clones. En cada estación se utilizaban de 15 a 20 clones. Se decidió también no mezclar los clones en un mismo tramo sino realizar una mezcla en sentido amplio, yuxtaponiendo tramos de clones distintos. Se optó por esa opción porque si los clones no tenían el mismo nivel de competitividad alguno de ellos sería suprimido, lo que entrañaría una cierta pérdida de uniformidad y una probable disminución de la producción y, además, porque se consideró que la mezcla íntima de clones no reportaba ventajas para combatir a las plagas y enfermedades e incluso aumentaría la vulnerabilidad a los ataques. Algunos autores afirman que la mezcla de un número reducido de clones comporta un riesgo mayor de pérdidas por efecto de las plagas y enfermedades que la mezcla de un gran número de clones o la utilización de un solo clon (Libby, 1982). En las plantaciones monoclonales se puede realizar una corta temprana y sustituir los tramos que han registrado un crecimiento insatisfactorio, causando la menor distorsión posible, pero es más difícil aplicar un tratamiento adecuado en un tramo en el que uno de los componentes no ha dado buen resultado.

Asimismo, en Aracruz se ha decidido conservar en un 20 por ciento de la superficie, en las riberas de los ríos, el bosque autóctono que se ha enriquecido con especies de frutales y de otro tipo de árboles. Se pretende conseguir el doble objetivo de proteger el suelo y favorecer la presencia de aves insectívoras, que será beneficiosa para prevenir los ataques de los insectos contra los eucaliptos y para conservar la diversidad biológica.

Por consiguiente, en estas plantaciones de elevado rendimiento, en las que se ha reducido deliberadamente la diversidad específica, se ha tomado la decisión de renunciar a algunos beneficios a corto plazo para disponer de una mezcla de clones, que supone un aumento de la diversidad. En las plantaciones de eucaliptos de Pointe Noire, en el Congo, la reserva de clones es más reducida. En más de la mitad de la superficie se han utilizado únicamente cinco clones (Martin y otros, 1989). Recientemente, se ha ampliado la base genética mediante un programa de cruzamiento controlado (Martin, 1991). Se ha fomentado también la diversificación, para obtener madera aserrada (Cossalter, 1991). Matziris (1991) ha mencionado diversos métodos para reducir los riesgos que implica la utilización de material clonal, tales como utilizar un gran número de clones en las mezclas, practicar la rotación de clones a lo largo del tiempo e introducir periódicamente nuevos clones y, asimismo, la reproducción sexual para obtener nuevo material clonal.

Conclusiones acerca del manejo de las mezclas

Para realizar con éxito mezclas de dos o más especies en una estación, con el fin de alcanzar uno o más objetivos, es necesario especificar claramente cuáles son los objetivos y seleccionar especies compatibles. Aunque es útil conocer la posición de las diversas especies en la fase de la sucesión del ecosistema, también es necesario conocer las exigencias silvícolas de cada una de las especies.

Generalmente, las mezclas en las que una especie crece por debajo de otra, por ejemplo como especie protectora o como cubierta vegetal, son relativamente fáciles de

manejar, pero es necesario realizar de forma adecuada la supresión del estrato superior en el caso de que la especie de sombra haya de conformar la masa final.

Mucho más difícil es manejar las mezclas de dos especies dominantes, que sólo tienen éxito en un número limitado de estaciones. Frecuentemente, una de las especies domina sobre la otra hasta suprimirla y se vuelve a la situación de rodal monoespecífico. Aunque se han mencionado ejemplos de crecimiento satisfactorio de dos o más especies dominantes en una misma estación, existe la opinión generalizada de que la ausencia de personal capacitado y experimentado en muchos países tropicales, unida a la falta de continuidad del personal y de garantías financieras, hace en la actualidad poco viable el manejo ordenación satisfactorio de mezclas de especies dominantes.

Puede estar justificado plantar mezclas de especies como seguro contra un fenómeno imprevisible, como la sequía, las heladas, las inundaciones o la salinidad. En cualquier caso, sigue siendo necesario asegurar la adaptación de las especies al lugar y hay que tener en cuenta que dichas mezclas tienen tendencia a homogeneizarse al final del turno. No existen datos que avalen la afirmación de que las mezclas son eficaces para impedir los ataques de plagas o enfermedades no especificadas.

La estrategia de realizar mezclas en sentido amplio, cuando se dispone de una variedad de especies adecuadas, y de hacer cumplir los principios que conforman una buena práctica forestal permitirá conseguir la estabilidad necesaria. Algunas de las iniciativas por las que se aboga actualmente en Alemania, atendiendo a un criterio ecológico, tales como la de aumentar el espaciamiento en las plantaciones, tienen efectos muy similares a las que se adoptaron hace 40 años en el Africa austral por motivos económicos.

6. RENDIMIENTOS

No es fácil determinar el rendimiento de madera (frente a otros beneficios) en las masas arbóreas de rotación larga. Los experimentos a largo plazo han de ser amplios, resultan difíciles de controlar, están sujetos a un gran número de incidencias y, en consecuencia, el coeficiente de variación residual es elevado. Por esa razón, se ha tendido a utilizar modelos matemáticos para determinar los rendimientos. El problema radica en que dichos modelos establecen el posible rendimiento en condiciones óptimas y en que los datos que se utilizan para establecerlos proceden de parcelas inalteradas. Sin embargo, la determinación del rendimiento efectivo refleja la situación real y los datos proceden de parcelas ordinarias, sometidas a un tratamiento normal y con un índice medio de catástrofes naturales. En este caso, es esencial disponer de abundantes datos, agrupar de forma pertinente las masas y parcelas y utilizar funciones de regresión para describir los procesos.

América del Norte y zona templada de Asia

Se ha dedicado una cierta atención a los efectos que tiene sobre el rendimiento la utilización de una mezcla de especies fijadoras del nitrógeno.

En América del Norte, la mezcla de aliso (principalmente *Alnus rubra)* con coníferas, como el abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii)* en lugares pobres en nitrógeno permite obtener un gran aumento de la producción de coníferas, aunque es posible que el incremento no se perciba hasta la edad de 30 años (Binkley, 1984; Binkley y Greene, 1983). En ocasiones, los efectos positivos se producen únicamente cuando la especie fijadora de nitrógeno es dominante o codominante y en las estaciones en las que escasean los elementos nutritivos dichas especies no pueden fijar el N_2. Por otra parte, en los lugares ricos en nitrógeno, el rendimiento global no suele variar o, en todo caso, desciende, y la producción de coníferas disminuye (Binkley y Greene, 1983).

En América del Norte, las mezclas de aliso, acacia falsa *(Robinia pseudoacacia)* y, en particular, *Elaeagnus umbellata* pueden influir en el crecimiento del nogal negro *(Juglans nigra)*. En efecto, se potencia enormemente la mineralización del nitrógeno, lo que puede permitir que la producción de nogal se multiplique por 30 (Paschke y otros, 1989; Schlesinger y Williams, 1984). No obstante, se ha documentado un caso en que el crecimiento del área basimétrica del nogal no estaba relacionado con la concentración de nitrógeno en el suelo, aunque es cierto que el aliso y otras especies fijadoras de nitrógeno lo fijaban en la capa superficial del suelo (Friederich y Dawson, 1984).

En las mezclas de especies de luz, uno de los componentes tiende a suprimir al otro. El roble rojo americano *(Quercus falcata* var *pagodifolia)* resulta inhibido hasta la edad de 25 años cuando crece en estrecha asociación con *Liquidambar styraciflua* o con el plátano americano *(Platanus occidentalis)*. Se ha comprobado que cuando el roble rojo americano, que es una especie de valor, se planta en asociación íntima con otras especies, a los 25 años de edad puede competir con ellas y, además, consigue una mejor conformación (Clatterbuck y otros, 1987; Clatterbuck y Hodges, 1988).

No deja de ser interesante la idea de que una especie puede ocupar un nicho en una masa forestal sin perjudicar a la especie principal. Se ha indicado que tal cosa sólo ocurre en circunstancias muy especiales, como en Finlandia en las mezclas de picea y abedul, en las que *Betula pubescens* crece en los claros que se abren entre las piceas cuando han sido mal establecidas (Mielikainen, 1985). Sin embargo, puede mencionarse una experiencia

ocurrida en América del Norte, donde aunque la mezcla natural de *Tsuga canadensis* con masas de frondosas redundó en un aumento del volumen en pie en dos estaciones (el 30 y el 20 por ciento, respectivamente), de hecho, el número de pies de frondosas (por ejemplo *Quercus rubra*), que eran las especies de mayor valor, disminuyó el 20 por ciento (Kelty, 1989).

En el Japón, la mezcla de *akamatsu (Pinus densiflora)* e *hinoki (Chamaecyparis obtusa)* determinó un aumento del volumen en pie, aunque disminuyó el número de pies de *hinoki* (Kawahara y Yamamoto, 1986).

Europa

Se afirma que la mezcla del haya *(Fagus sylvatica)* con la picea *(Picea abies)* aumenta el rendimiento total en un 15 por ciento (Schutz, 1989), pero este hecho no refleja tanto la interacción entre las dos especies como el hecho de que la picea crece más rápidamente que el haya; la plantación de masas puras de picea podría ser aún más productiva.

En Escandinavia se ha estudiado con cierto detalle la interacción de *Picea abies* y *Pinus sylvestris* (Jonsson, 1961). Se ha descubierto que existe una interacción positiva, que se conoce como "efecto de la mezcla de especies", cuando se mezclan el pino y la picea en lugares donde ambas especies pueden crecer satisfactoriamente, pero los beneficios de dicho efecto se reducen cuando la estación es más favorable para una de las especies (los lugares más secos y menos fértiles favorecen al pino y los más húmedos y fértiles a la picea. Asimismo, la especie favorecida tiende a ser dominante, formándose masas monoespecíficas, o al menos un mosaico de grupos monoespecíficos. Esta tendencia se ha observado también en Holanda con otras especies (Heybroek y Tol, 1985). El "efecto de la mezcla de especies" varía según cuál sea el parámetro medido: mientras que en el caso de la altura afecta positivamente a las dos especies, por lo que respecta al crecimiento en diámetro el efecto es positivo en el caso del pino, pero inexistente, o ligeramente negativo, en el de la picea (Jonsson, 1961). Los estudios realizados recientemente sobre las mezclas de pino y picea en brezales y turberas de *Calluna* indican que se produce un notable efecto positivo en el crecimiento de *Picea sitchensis* (Malcolm y otros, 1990). El "efecto de la mezcla de especies" (o sinergia) dificulta la comparación entre masas mezcladas y puras en estaciones diferentes si el índice de la estación se define por la altura dominante, ya que se tiende a comparar masas mezcladas con masas puras de un índice de estación más elevado. Este hecho puede ocultar los beneficios derivados de la mezcla de especies (Jonsson, 1961). Así pues, el índice de estación se ha de definir mediante un método menos preciso, cual es el de observar las características del suelo, los tipos de vegetación y las especies indicadoras.

Más compleja es la interacción del abedul y las coníferas, que ha sido investigada en dos estudios realizados en Finlandia y Suecia (Mielikainen, 1985; Tham, 1988) utilizando técnicas de elaboración de modelos de rendimiento. La interpretación general de la interacción del abedul y las coníferas es similar en ambos estudios, pero el rendimiento y el nivel de efectos beneficiosos son mucho más elevados en Suecia, lo cual tal vez es consecuencia de la estación elegida o de los supuestos realizados en los modelos. *B. pendula*, especie colonizadora que domina inicialmente la masa principal, puede tener efectos beneficiosos sobre la picea *(Picea abies)*, especie que tolera la sombra, aun cuando se conserve el abedul durante toda la rotación. Al ser el pino *(Pinus sylvestris)* una especie que no tolera la sombra, aunque el abedul incrementa los rendimientos en las masas arbóreas abiertas, hace disminuir el crecimiento en altura del pino cuando la densidad es muy elevada.

Una posible solución es recortar los abedules durante los siete u ocho primeros años hasta que el pino ha alcanzado un metro más de altura que el abedul (Mielikainen, 1985), pero esto parece reducir el valor del abedul como árbol protector. No hay que permitir nunca que el abedul permanezca durante todo el turno en las masas de pinos porque ello haría disminuir la producción total. *B. pubescens* puede tener un efecto negativo sobre las coníferas (Mielikainen, 1985) y es menos beneficioso (Tham, 1988).

Cuadro 3 Estimaciones del rendimiento en mezclas de picea-abedul - Suecia

		Masas puras			Masas mezcladas			
Edad	Especie	#/ha	Alt. m	Vol. m^3/ha	#/ha	Alt. m	Vol. m^3/ha	
25	Picea	1 936	5,3	39	1 936	5,5	23	
	Abedul	-	-	-	600	15,8	78	aclareo realizado a los 25 años de edad
50	Picea	1 237	14,6	300	1 238	15,0	300	
	Rendimiento total			300			378	

Fuente: Tham (1988)

Nota: Se supone un aclareo no muy intenso de la picea entre los 30 y 40 años de edad.

Por consiguiente, la conservación de *B. pendula* permite obtener 78 m^3/ha adicionales y aunque ello se consigue a expensas del 40 por ciento de la producción de picea a la edad de 25 años, dicho déficit se compensa durante los 25 años siguientes, de manera que en un turno de 50 años el incremento global es del 25 por ciento. El aumento del rendimiento depende de la respuesta de la picea al aclareo tras haber estado casi suprimido, pues las especies que no toleran la sombra no tienen esa capacidad de respuesta. Si se planta *B. pubescens*, el incremento disminuye unos 20 m^3, posiblemente porque esta especie de abedul tiene un rápido crecimiento inicial.

Cuadro 4 Estimaciones de rendimiento de mezclas de picea-abedul y pino-abedul - Finlandia

	B.pendula			*B. pubescens*	
	Total	Madera de aserrío		Total	Madera de aserrío
	. . . . .		Vol m^3	. . . . .	
Picea IE 24_{100}	Rotación 90 años				
Picea 100%	425	266		415	257
+Abedul 25%	438	282		394	217
+Abedul 50%	433	251		390	184
Pino IE 28_{100}	Rotación 80 años				
Pino 100%	615	371			
B.pendula 100%	493	200			
Mezcla al 50%	625	350	aclareo del abedul a la edad de 40 años		

Fuente: Mielikäinen (1985)

Nota: La mezcla con un 25% de *B. pendula* en una masa de piceas aumentó el rendimiento total en un 3 por ciento y la madera para aserrío en un 6 por ciento en comparación con las masas puras de picea, pero al realizar una mezcla al 50 por ciento se produjo un incremento menor tanto de la picea como del pino y disminuyó también la producción de madera de aserrío.

Los datos correspondientes a Suecia y Finlandia indican que un manejo adecuado permite conseguir el "efecto de la mezcla de especies", pero no es fácil interpretar y extrapolar los resultados. En efecto, en primer lugar, el abedul se obtiene mediante regeneración natural y no con material artificial, y en segundo lugar el efecto es más importante en relación con la masa forestal del lugar como determinante del rendimiento que en el rendimiento de una masa forestal determinada. Pese a que en los experimentos realizados se ha obtenido un aumento de la producción de madera, cabe dudar que, en la práctica, puedan conseguirse realmente esos beneficios (Agestam, 1991).

Es mucho más difícil elaborar un modelo de rendimiento para una masa de dos especies mezcladas que para una masa monoespecífica. De hecho, cada especie adicional incrementa las dificultades. Se ha elaborado un modelo para la región meridional de los Estados Unidos en el que se supone que los componentes individuales de las mezclas se comportan de manera muy similar que cuando se plantan como masas puras (Nelson, 1964). No existen datos de que dicho modelo se haya experimentado en los trópicos y se ignora, por tanto, si sería válido para dichas zonas.

Los trópicos

La ilustración más destacada del beneficio que reporta la mezcla de especies corresponde a los experimentos realizados con *Eucalyptus saligna/Albizia falcataria* en la costa Hamakua de Hawaii, en una plantación de azúcar abandonada. En uno de dichos experimentos, que incluyó también *Acacia melanoxylon*, la mezcla de *Euclyptus* y *Albizia* en la proporción de 40:60 reportó un incremento del rendimiento total de madera del 140% con respecto a la masa pura de *Eucalyptus* a la edad de 65 meses. En cuanto al componente de *Eucalyptus* de la mezcla, el aumento del rendimiento con respecto a la masa pura de *Eucalyptus* fue del 60 por ciento La mezcla de *Acacia melanoxylon* y *Eucalyptus* en una proporción de 50:50 no fue tan productiva, aunque el incremento del rendimiento fue del 50 por ciento, y sólo se produjo un ligero descenso de la producción de *Eucalyptus* en la mezcla. Durante el experimento se aplicó fertilizante en todos los tratamientos. (DeBell y otros, 1985).

En el curso de otro experimento, durante el cual se aplicaron fertilizantes en todos los tratamientos durante el primer año, aplicándose únicamente al *Eucalyptus* durante los tres años siguientes, la mezcla con un 25 por ciento, o menos, de *Albizia falcataria* determinó un descenso del rendimiento total a la edad de 48 meses, pero si la proporción de *Albizia* aumentaba al 34 por ciento o más, el rendimiento total de la mezcla era algo mayor que el de la masa pura de *Eucalyptus*. El rendimiento del *Eucalyptus* en las mezclas era muy inferior al que se obtenía en las masas puras, pero cuando la proporción de *Albizia* era superior al 50 por ciento, el volumen de madera de *Eucalyptus* era mucho mayor que en una plantación pura. No se llevó a cabo comparación alguna con una plantación pura de *Albizia*. Dado que la comparación se realizó con una masa pura de *Eucalyptus* en la que la aplicación de fertilizante había sido abundante, los resultados estaban sesgados en contra de la mezcla. Cabe pensar que si la comparación se realizara con masas de *Eucalyptus* con un nivel normal de fertilizantes, el resultado de la mezclas habría sido mucho más favorables(DeBell y otros, 1989).

Cuadro 5: Mezcla de *E. saligna-Albizia falcataria* y *E. saligna-Acacia melanoxylon* Hawai

Experimento 1:	65 meses		Experimento 2:	48 meses	
Mezcla	Pies por ha	Peso seco ton/ha	Mezcla	Pies por ha	Peso seco ton/ha
Eucalipto	2 200	37,6	Eucalipto	2 396	93,7
Eucalipto	1 012	35,3	Eucalipto	2 101	58,1
Acacia 50%	1 012	16,2	Albicia 11%	278	8,9
	2024	51,5		2 379	67,0
Eucalipto	838	58,2	Eucalipto	1 562	57,8
Albicia 60%	1 225	37,1	Albicia 50%	833	44,8
	2 063	95,3		2 395	102,6
			Eucalipto	815	53,4
			Albicia 66%	1 632	50,8
				2 447	104,2
			Eucalipto (aplicación normal de fertilizantes)		44,0

Fuente: DeBell y otros (1985, 1989)

De estas cifras se debe inferir que el efecto beneficioso que produce la especie fijadora de nitrógeno *Albizia falcataria* (o *Acacia melanoxylon*) sólo tiene lugar cuando dicha especie aparece en una proporción suficientemente elevada. Dicho efecto fue observado en América del Norte (véase el Capítulo 3).

El experimento se llevó a cabo en una antigua plantación de caña de azúcar, en la que previsiblemente se habría agotado el nitrógeno del suelo pero existirían todavía cantidades sustanciales de otros nutrientes. No puede olvidarse que en otros lugares de Hawai los resultados de dicha mezcla no habían sido muy satisfactorios o habían sido totalmente negativos.

En Espirito Santo, Brasil, la mezcla de *Eucalyptus urophylla* y *Leucaena leucocephala* dio lugar a un aumento de la mortalidad del eucalipto y la disminución del rendimiento total a la edad de siete años. Se consideró que la mezcla había producido humedad, que a su vez había favorecido la difusión de esporas de *Cryphonectria cubensis*, que había atacado al eucalipto. Se había aplicado en las parcelas un fertilizante a base de nitrógeno que había inhibido el efecto de fijación del nitrógeno de *L.leucocephala* (Moraes de Jesus y Brouard, 1989).

En las colinas del Nepal, lejos de Kathmandu, se han realizado cálculos de rendimientos en las plantaciones mixtas. No se llevaron a cabo cálculos comparativos de masas puras y mezcladas, pero de cualquier forma no se manifestaron grandes diferencias entre el rendimiento de los pinos (*P.roxburgii, P. wallichiana* y *P. patula*) y las especies de frondosas, dominadas por *Schima wallichii*, que crecen de forma natural en las plantaciones

de pinos. En una plantación de diez años de edad, el rendimiento (tomando en consideración el fuste y el follaje) de los pinos osciló de 0,8 a 6,7 toneladas por hectárea y año, dándose el mayor rendimiento en antiguos pastizales en los que quedaba un número reducido de frondosas. En cambio, el rendimiento de las frondosas (de 1,8 a 6,7 toneladas por hectárea y año) era mayor en antiguas estaciones forestales y en zonas de cultivo abandonadas, en las terrazas. En estos lugares, los pinos sufrían la competencia de las frondosas (Mohns y otros, 1988).

Conclusiones acerca del rendimiento

Tanto en las zonas templadas como en las tropicales pueden mencionarse ejemplos en los que el rendimiento del volumen total de madera es más elevado en las plantaciones mezcladas que en las puras. No obstante, la adaptación de la especie al lugar y la elección de la especie complementaria son factores esenciales para el éxito y, además, los efectos que produce una especie sobre la otra pueden modificarse con el tiempo y el lugar. Los efectos beneficiosos dependen también de la oportunidad y magnitud de las intervenciones silvícolas. Por otra parte, el incremento total de rendimiento puede ser escaso y en las plantaciones industriales puede no corresponder al componente más valioso de la mezcla.

Dado el número potencial de especies y la falta de datos, es difícil elaborar en las plantaciones modelos de rendimiento poliespecíficos de las especies de los bosques hidrofíticos tropicales. Sin embargo, la imposibilidad de predecir con precisión el resultado de la mezcla de especies en los trópicos no ha de ser obstáculo para que se realicen.

Los datos de rendimiento procedentes de los trópicos son limitados y, al parecer, indican que en los casos en que la mezcla de especies no ha dado resultados positivos ello se ha debido a una falta de claridad en la definición del objetivo de la mezcla, lo que haría que la composición de especies fuera inadecuada. Hay que actuar con cautela a la hora de considerar como modelo general el ejemplo procedente de Hawai que se ha mencionado anteriormente, porque en dicho experimento existen una serie de factores que pueden inducir al error.

El rendimiento de madera es una buena medida del éxito de las plantaciones industriales y de las plantaciones que se establecen para la obtención de leña y postes, pero no sirve cuando las plantaciones se han realizado por motivos ecológicos, como luchar contra la erosión, fomentar la fertilidad del suelo, mejorar el microclima o conseguir beneficios sociales directos. El próximo capítulo se centra de forma más pormenorizada en la evaluación de este tipo de beneficios "no comerciales".

7. LOS ASPECTOS ECONOMICOS

El aspecto económico básico es la utilización de recursos para la producción a fin de obtener un rendimiento que tenga valor para la sociedad. En los países tropicales, las plantaciones forestales pueden verse favorecidas por la disponibilidad de tierras con un bajo costo de oportunidad y por la posibilidad de conseguir mano de obra con un bajo costo salarial. Sin embargo, puede resultar más costoso obtener los conocimientos tecnológicos y la capacidad de dirección necesarios. El entorno físico puede favorecer un crecimiento importante y rápido de las especies favorecidas. Pero también entraña un costo, por cuanto las malas hierbas crecen mucho y es costoso controlarlas. El valor comercial local del producto es relativamente bajo debido a que la demanda es escasa en esas economías de bajos ingresos, porque es posible obtener madera de los bosques naturales a bajo precio o debido a la distancia o al costo del transporte para llegar hasta otros mercados. El desarrollo de la economía local altera los términos de la ecuación, al modificar tanto el costo de los insumos como la demanda de productos.

La inversión en una plantación forestal da fruto al cabo de varios años y para evaluar dicha inversión es de suma importancia tener en cuenta el lapso de tiempo que transcurre desde que se efectúa el desembolso hasta que se obtienen los ingresos. En el caso de las masas arbóreas tropicales, dicho lapso de tiempo puede ser relativamente corto en comparación con los países de la zona templada (de 10 a 20 años, frente a 50 a 100 años, por ejemplo, para obtener un rendimiento final de 200 a 400 m^3/ha).

El concepto de valor actual neto constituye un útil instrumento para evaluar, sobre una base comparable, los gastos e ingresos en momentos diferentes del ciclo de producción y, por tanto, para comparar la "rentabilidad" de diferentes masas arbóreas y de distintas opciones dentro de esas masas forestales. Al llevar a cabo dichas evaluaciones se da por supuesto que todos los costos y beneficios pueden expresarse en términos monetarios y que se puede elegir un tipo de descuento que permita establecer la relación entre los valores de los distintos momentos con el valor actual.

En las plantaciones industriales, en las que los ingresos procedentes de las ventas son el principal beneficio y donde los insumos se compran y se venden en mercados establecidos, el análisis financiero es sencillo. Así pues, cabe esperar un rendimiento financiero positivo de una especie de alto rendimiento en condiciones de crecimiento favorables y constantes y con mercados establecidos, como ocurre en el caso de las plantaciones de eucaliptos en Aracruz, en Brasil, o en las de Pointe Noire, en el Congo. Por otra parte, el análisis de la rentabilidad de las plantaciones de la Comisión Forestal del Reino Unido, considerando únicamente los beneficios "comerciales", arrojaba un saldo financiero negativo, pero si se incluían otros valores "no comerciales" y los beneficios ambientales, como las actividades de esparcimiento y recreo, la conservación del paisaje y la función de las plantaciones como depósitos de dióxido de carbono, se obtenía un saldo económico positivo (Bateman, 1991). Cuando el principal objetivo de una plantación es la rehabilitación de zonas degradadas, la protección de cuencas hidrográficas o la conservación del suelo, la valoración correcta de los beneficios ambientales adquiere aún mayor importancia, aunque lo cierto es que no existen criterios ajustados para evaluar los beneficios ambientales. Se ha de decir, sin embargo, que todo el mundo acepta que es necesario valorar esos beneficios ambientales. El análisis que se realizó de una serie de proyectos forestales del Banco Mundial dio como resultado que la tasa de rendimiento era del 15-21 por ciento para ocho proyectos de rehabilitación de cuencas hidrográficas, del 15-30 por ciento para 27 proyectos de agrosilvicultura/leña/

comunitarios/sociales, y de sólo el 10-15 por ciento para 15 proyectos de plantaciones industriales (Spears, 1985). No está claro, sin embargo, hasta qué punto se tuvieron en cuenta los valores "no comerciales" al realizar el análisis económico de los proyectos de plantación.

La escasez de recursos para la inversión lleva a las autoridades financieras a aplicar tipos de descuento elevados que favorecen la utilización de especies de alto rendimiento, los turnos cortos y una política de costos mínimos y elevado rendimiento, política que debido a la falta de experiencia y a que no se realizan ensayos suficientes entraña también un riesgo elevado. Esta estrategia obliga muchas veces al personal directivo a solucionar los problemas aplicando medidas costosas y que den resultado a corto plazo, como la utilización de fertilizantes artificiales para situaciones imprevistas de carencia de elementos nutritivos, y el uso de productos químicos y de la fumigación aérea para hacer frente a los brotes de enfermedades y plagas. Por otra parte, cuando se aprecian beneficios del establecimiento de plantaciones mezcladas, pueden alcanzarse a expensas de un menor rendimiento. Este enfoque de "bajos insumos/baja producción/bajo riesgo" puede ser válido en las masas forestales de turno largo, pero habría de ser excluido si se aplicaran tipos elevados de interés compuesto durante largos períodos. Algunos autores han cuestionado la conveniencia de utilizar tipos de descuento elevados para el análisis de los proyectos a largo plazo y han indicado que en los países industriales el tipo de interés "real" a largo plazo es tan sólo del orden del 2-4 por ciento (Leslie, 1987).

Sea como fuere, no hay duda de que es imprudente realizar una inversión en el establecimiento de plantaciones sin tener la seguridad de que los rendimientos previstos permitirán cubrir los costos y obligaciones derivados del proyecto. Es posible que la sociedad, por conducto del gobierno o la comunidad, desee contribuir en la financiación con el fin de asegurarse diversos beneficios que no reportan ingresos en efectivos al inversor, pero que se consideran valiosos para la comunidad, por ejemplo, la conservación del suelo y el agua, los aspectos recreativos y ambientales, etc. Identificar claramente dichos beneficios en el conjunto de objetivos que figuran en el proyecto de plantación es esencial para realizar una evaluación económica correcta.

La economía de las mezclas de especies

Una de las ventajas que presenta la mezcla de especies es la simbiosis, aunque los datos aportados en el Capítulo 6 sobre sus efectos en el rendimiento de madera no son concluyentes. Otro aspecto positivo es que se obtienen ingresos durante todo el período de extracción y venta de los productos procedentes de una de las especies en los comienzos de la rotación. La mezcla de especies puede realizarse como una especie de seguro frente al riesgo de que una u otra de las especies sufra ataques de plagas o enfermedades. Como los árboles que resten se habrán beneficiado de la mezcla durante los años formativos, las pérdidas producidas por las plagas o enfermedades pueden ser inferiores a las que representarían el número de pies muertos, pues la madera de estos últimos también se puede explotar. Por último, las mezclas pueden realizarse por razones de esparcimiento, estéticas o de preferencia ecológica.

En cada uno de esos casos, los aspectos económicos pueden analizarse mediante la evaluación del valor actual a que se ha hecho referencia anteriormente, a través de la estimación apropiada de los costes e ingresos y de la evaluación de los beneficios no comerciales.

La experiencia en la zona templada

En Escandinavia, se ha prestado atención a los aspectos económicos de las plantaciones mezcladas, aunque dicha atención se ha centrado en las especies de frondosas que crecen de forma natural en las masas de coníferas de las plantaciones. Dado que el proceso de explotación requiere un plazo tan largo después del establecimiento y que los precios del producto final son impredecibles, se ha propuesto que:

- la inversión inicial debe prever varias posibilidades, sobre todo porque es muy posible que en el curso de una larga rotación sea necesario modificar los objetivos;

- el aclareo y la elección definitiva entre los dos componentes de la mezcla para obtener la masa final se ha de demorar lo máximo posible.

Esto permitirá identificar la especie que, previsiblemente, alcanzará mayor valor en la corta final, sin riesgo adicional de que se produzca el fracaso biológico de las dos especies, a condición de que ambas estén igualmente adaptadas al lugar. Naturalmente, esta estrategia deberá ajustarse a unas normas desde el punto de vista silvícola y de ordenación (por ejemplo, la densidad excesiva puede llevar al estancamiento y el aclareo tardío puede causar un daño excesivo a la masa residual). Por otra parte, se refiere al valor comercial y no al que puedan revestir otros beneficios, y no tiene en cuenta las alteraciones que pueden producirse en las condiciones del suelo a lo largo de varias generaciones. Dentro de esas limitaciones, esta teoría asume el hecho de que los cambios de precios son esencialmente arbitrarios, pero guardan relación con los precios anteriores en proporción inversa al tiempo transcurrido. Dicho de otra forma, las proyecciones de precios tienen más probabilidades de ser precisas cuando se realizan para un período corto de tiempo que cuando cubren un período más largo. Se ha dicho a veces que los beneficios económicos derivados de las masas mezcladas (entre los que pueden incluirse también los ingresos procedentes de los aclareos) han sido subestimados y son mucho más cuantiosos que los que se obtienen únicamente del "efecto de la mezcla de especies", de los que tanto se ha hablado pero que son reducidos y muchas veces dudosos (Lohmander, 1990). Hay que señalar que, en Escandinavia, la especie secundaria, casi siempre abedul y álamo temblón, y también la regeneración de coníferas, se producen de forma natural en las plantaciones. Hasta hace poco tiempo, se consideraba que las especies de frondosas eran plantas adventicias; sólo desde que se ha vuelto a comercializar el abedul ha contribuido esta especie a generar ingresos.

En ocasiones, se argumenta que la introducción de una especie secundaria puede mejorar la calidad y, por ende, la rentabilidad de la especie principal. Se citan a continuación algunos ejemplos:

- supresión de vástagos en el roble rojo americano y mantenimiento de una cubierta vegetal adecuada para la regeneración del roble mediante un piso inferior de cicuta (Kelty, 1989);

- incremento de la longitud del tronco en *Quercus falcata* en competencia con *Liquidambar* (Clatterbuck y Hodges, 1988);

- supresión del ramaje lateral de la picea por *B. pendula*, con un incremento de la producción de madera de aserrío del 6 por ciento (Mielikainen, 1985). No obstante, aunque la mezcla con un 25 por ciento de *B. pendula* producía un pequeño

incremento de la producción total de pino, al parecer provocaba una disminución del rendimiento de madera de aserrío del 5 por ciento (véase el Cuadro 4);

- otros estudios muestran que el mantenimiento del abedul incrementa la altura de la poda natural en el pino y reduce el núcleo nudoso; todos los costos suplementarios de mantenimiento se cubren con los ingresos obtenidos. Sin embargo, estos efectos son consecuencia de la densidad más que de la mezcla de especies y probablemente podrían conseguirse -aunque con un costo suplementario- con un espaciamiento menor de los pinos (Haegg, 1988, 1989, 1990).

Se ignora la cuantía que alcanzarán estos beneficios.

La experiencia de las zonas tropicales

En este estudio no se ha señalado ningún análisis económico de las plantaciones mezcladas en los trópicos. En los informes relativos a los experimentos con *Eucalyptus/Albizia* en Hawai no se mencionaban los aspectos económicos de la mezcla de especies. La plantación de árboles se realizaba para un proyecto de obtención de energía y, por tanto, el principal objetivo era obtener la mayor cantidad posible de biomasa. Aunque el manejo de la madera más ligera de *A. falcataria* resultaría más costoso por el número mayor de pies y porque al tener un ramaje denso estaría más expuesta a sufrir daños durante la corta, su valor como biomasa sería casi tan elevado como la del eucalipto. Dados los resultados que se han citado, en una plantación establecida para obtener leña, cabe esperar que la mezcla de especies dé resultados satisfactorios, pero si el objetivo fuera la plantación de eucaliptos para madera de aserrío, las ventajas económicas de la mezcla de especies no serían tan evidentes. Es de gran importancia el valor de la madera de las dos especies en relación con el uso final.

Como se ha mencionado anteriormente, en Nigeria se utiliza *Nauclea diderrichii* como árbol protector para determinadas especies de la familia de las meliáceas - *Entandrophragma, Khaya, Lovoa*-, lo que permite reducir la incidencia de *Hypspyla robusta* y obtener un rendimiento intermedio gracias a la venta de postes de *Nauclea*. Se descubrió que la tasa interna de rendimiento de *Nauclea* en una rotación de 60 años era del 4,5 por ciento, mientras que si se mezclaba *Nauclea* con meliáceas en la proporción de 5:1, la TRI aumentaba ligeramente, hasta el 4,6 por ciento, en la misma rotación (Ball, 1979). La razón de esa pequeña diferencia residía en que el volumen final de las meliáceas era algo más bajo que el de *Nauclea*, pese a que las meliáceas tenían mayor valor. Se descrubrió también que la gran demanda de postes de *Nauclea* determinaba la corta de los pies mejor conformados en los primeros aclareos, dejando los ejemplares peores para la corta final, lo que suponía un grave perjuicio.

También las plantaciones mezcladas de *Swietenia/Securinega* que se están ensayando en las Islas Salomón permiten esa posibilidad, pero tanto en este caso como en otros, sólo pueden obtenerse ingresos adicionales si se puede comercializar la madera procedente de los aclareos. En los años cincuenta, no existía en Nigeria un mercado local que pudiera absorber los aclareos realizados a los nueve años de edad (Henry, 1960), mientras que la rápida extensión de la electricidad en los años setenta desencadenó una gran demanda -imprevista- de postes de *Nauclea*. En la India, la utilización de *Gmelina arborea* como especie protectora de *Dipterocarpus turbinatus* dio buenos resultados desde el punto de vista silvícola, pero fue

necesario extraer la especie protectora antes de que fuera comercializable y hubo problemas para controlar los rebrotes (Servicio Forestal Indio, 1939).

Como se ha dicho anteriormente, en Escandinavia se ha comprobado que el mantenimiento de mezclas naturales puede ser beneficioso desde el punto de vista económico. No es difícil imaginar una situación parecida en los trópicos: invasión de una plantación por especies colonizadoras como *Macaranga* spp., *Anthocephalus chinensis, Neobouutonea macrocalyx* o *Croton* spp. Sin embargo, es posible que la interacción con la especie principal, particularmente si se trata de una conífera exótica, no sea tan positiva como en Escandinavia y no existen muchas posibilidades de comercializar la especie secundaria.

Beneficios y pérdidas a largo plazo

Los beneficios que reportan las plantaciones mezcladas por lo que respecta a la mejora del suelo y al mantenimiento de las condiciones de la estación a lo largo de varias rotaciones son de la máxima importancia. Son beneficios difíciles de cuantificar y de encajar en un modelo económico porque es un proceso que tiene lugar durante un período muy largo de tiempo. Puede ocurrir que una masa forestal agote un nutriente de una estación sin que en las primeras rotaciones se produzca una situación de carencia de dicho elemento nutritivo. El rendimiento obtenido de dicha masa sería considerado sostenible si no se tuvieran en cuenta las pérdidas de nutrientes y el riesgo de que se produjera un descenso súbito del rendimiento al superar el umbral de dicho nutriente. Lo que se necesita a largo plazo son una fertilidad y unos rendimientos duraderos y para conseguirlos es necesario realizar una serie de gastos o renunciar a beneficios financieros a corto plazo. Los modelos económicos a corto plazo (una o dos rotaciones) que se utilizan habitualmente no han de servir para ocultar al personal forestal los riesgos que entraña, a largo plazo, el deterioro de un lugar, que puede reducirse recurriendo a una mezcla de especies.

Evaluación de riesgos

El análisis económico puede incluir la evaluación del riesgo de fracaso consustancial a cualquier empresa. Quienes defienden las plantaciones mezcladas lo hacen, en muchos casos, motivados por el deseo de reducir el riesgo de que se produzca un fracaso de gran magnitud a consecuencia de una catástrofe imprevisible, ya sea un ataque de insectos u hongos, la sequía, etc. El concepto de la mezcla de especies como una especie de seguro, que ya se ha analizado en los capítulos 3 y 6, es el reconocimiento de dicho riesgo. Hay que decir, sin embargo, que esta estrategia puede implicar un costo, en forma de menores rendimientos y gastos más elevados de establecimiento y ordenación. En Nueva Zelandia, donde el 85 por ciento de las plantaciones están ocupadas por *Pinus radiata*, se ha afirmado (Burdon, 1982) que la política de invertir en una sola especie se justifica por las siguientes razones:

- que *P. radiata* se ha adaptado bien a las tierras disponibles en Nueva Zelandia y que no existe razón alguna para prever epidemias catastróficas;

- que si se produjera una enfermedad o plaga importantes, como *Dothistroma pini*, Nueva Zelandia tiene los recursos económicos y humanos necesarios para combatirla;

- que no existen pruebas de que *P. radiata* sea más susceptible a las plagas y enfermedades que las masas autóctonas de regeneración natural, como por ejemplo ataques de insectos (*Platypus*) contra Nothofagus;

- que en dicha especie se ha realizado una inversión para mantener una base genética lo más amplia posible, lo cual reduce los riesgos de epidemias catastróficas, como las que han afectado a las poblaciones de álamos;

- que la ordenación silvícola prevé aclareos tempranos y densos y que las rotaciones son cortas, de manera que si se produce un brote epidémico la explotación puede realizarse con una pérdida mínima y se puede conseguir la regeneración de la estación afectada con otras especies o procedencias. Las epidemias que se produjeron en épocas anteriores -por ejemplo la de la avispa de la madera *Sirex*- fueron consecuencia de la ausencia de medidas de ordenación silvícola; y

- que se está realizando una labor de investigación en relación con otras especies que podrían ser adecuadas para las condiciones de Nueva Zelandia, y que si fuera necesario, las especies alternativas que se han ensayado se prodrían introducir en el programa de plantación a la mayor brevedad.

En definitiva, Nueva Zelandia ha seleccionado una especie para la producción de madera y la protección de las cuencas hidrográficas que se adapta bien a los lugares disponibles, y después de realizar un análisis cuidadoso de los riesgos, ha tomado la decisión de que es más beneficioso continuar realizando inversiones en una especie de gran rentabilidad que invertir en una gama de especies de menor rendimiento, lo que supondría una reducción de los beneficios.

El análisis de riesgos que se ha realizado en Aracruz, Brasil, ha llevado a establecer una conclusión similar. El objetivo es conseguir elevados rendimientos en un turno corto. Por una parte, se considera que los riesgos que supone que la diversidad específica e intraespecífica sea reducida son pequeños y que existen los medios necesarios para hacer frente a cualquier "catástrofe". Por otra parte, la facilidad de las tareas de ordenación y el incremento de rendimientos inherentes a las plantaciones monoclonales resultan muy atractivos. La reducción de la diversidad específica e intraespecífica puede estar justificada si se adoptan determinadas precauciones, como mantener una amplia base genética en poblaciones básicas paralelas.

Muchos países en desarrollo desean invertir en plantaciones industriales, pero no poseen recursos para llevar a cabo una labor de investigación que permita hacer frente a las epidemias, ni tienen conocimientos suficientes sobre alguna especie en concreto, como los que poseen, por ejemplo, los técnicos forestales de Nueva Zelandia sobre *P. radiata* o Aracruz Cellulose de *Eucaliptus* spp. En los países en desarrollo, puede ser conveniente intentar diluir los riesgos mediante una mezcla de especies, en sentido amplio, en plantaciones industriales de rotación corta, adaptando cuidadosamente las especies a los lugares disponibles. En las masas forestales de rotación larga, es tan importante como en las de rotación corta tratar de reducir el riesgo (adaptando lo mejor posible las especies al lugar) y de diluirlo plantando más de una especie. Será posible realizar mezclas íntimas si lo permiten las circunstancias, es decir si se conoce suficientemente la silvicultura de la especie y si es posible conseguir los objetivos pretendidos o identificar otros posibles beneficios. Cuando la finalidad es la ordenación de cuencas hidrográficas o la rehabilitación de tierras

degradadas, está especialmente indicada la mezcla de especies, en particular para facilitar la formación de un estrato inferior de vegetación.

Conclusión sobre los aspectos económicos

Durante la realización del presente estudio apenas se ha encontrado información debidamente evaluada sobre los aspectos económicos de la plantación de especies mezcladas en las regiones templadas y en los trópicos. La teoría indica que el establecimiento de plantaciones mezcladas permite mantener diversas opciones durante mucho tiempo con la finalidad de conseguir los mejores precios o la mejor gama de productos. Cuando la mezcla de especies (por ejemplo de abedul y picea en Escandinavia) no es muy costosa, los beneficios económicos que reporta pueden añadirse a la posible sinergia de rendimientos, pero existen indicaciones de que establecer y mantener plantaciones industriales mezcladas en los trópicos comporta gastos elevados. Sin embargo, en algunas circunstancias se atribuye gran importancia a una serie de beneficios no comerciales de carácter recreativo o ecológico (véase más adelante).

La rentabilidad y conveniencia de una mezcla puede depender de que sea posible explotar una de las especies que componen la mezcla en un momento temprano de la rotación, como ocurre en Nigeria con la mezcla de *Nauclea diderichii* con *Meliaceae*. La apertura de mercados locales que absorban la madera pequeña u otros productos (como el rotén) favorecerá los aclareos y, de esa forma, facilitará el manejo de las masas mezcladas, pues habrá un número mayor de especies que podrán formar parte de las mezclas. Cuanto mayor sea el número de especies con valor comercial, más atractivas serán las mezclas desde el punto de vista económico, aunque las exigencias silvícolas que exigen liberar a la especie principal no siempre coinciden con el mejor momento para comercializar el producto de los aclareos.

El éxito económico y biológico de las plantaciones mezcladas dependerá de que se disponga de medios financieros adecuados y de personal preparado, así como de especies adecuadas a los lugares, compatibles con los restantes componentes de la mezcla y convenientes para los usos finales.

Cuanto se ha dicho más arriba ha considerado únicamente el efecto de las mezclas sobre los rendimientos por lo que se refiere a la obtención de productos madereros. Se pueden incluir especies en las mezclas para otros fines: para obtener forraje, frutas o nueces, por ejemplo, por las propiedades de sus hojas para mejorar las condiciones del suelo, porque contienen bacterias fijadoras del nitrógeno, o por su aspecto. Todas ellas son razones válidas para plantar mezclas, pero son difíciles de evaluar porque, por lo general, los productos que ofrecen no se comercializan en los mercados.

8. CONCLUSIONES PRINCIPALES

Plantaciones en los trópicos y subtrópicos

Las plantaciones pueden complementar los productos y servicios que proporcionan los bosques naturales, pero nunca sustituirlos totalmente. En muchas ocasiones se expresan juicios críticos sobre las plantaciones, afirmándose que empobrecen los ecosistemas y hacen disminuir el número de especies vegetales y animales. Aunque podrían establecerse plantaciones con la finalidad específica de conservar recursos genéticos de una o varias especies arbóreas, y aunque se ha intentado, en pequeña escala, la reconstrucción de ecosistemas, la mayor parte de las veces las plantaciones no se establecen con ese objetivo y a no ser que sustituyan al bosque natural en el mismo lugar, los beneficios que reportan no deben evaluarse comparándolos con los que se obtienen del bosque natural. Es importante recalcar también que el establecimiento de plantaciones de producción, en las que, en muchos casos, hay que utilizar especies colonizadoras y de crecimiento rápido no debe ser óbice para que se realice una labor de investigación y desarrollo de una gama de otras especies locales. Por otra parte, si se modifica un ecosistema mediante el establecimiento de plantaciones forestales (o de cultivos agrícolas) se ha de tener la precaución de conservar en otro lugar muestras representativas de la flora y fauna locales.

La contribución de las plantaciones forestales de los trópicos y subtrópicos para satisfacer las necesidades de productos forestales que tiene la población es mayor de lo que indica la superficie relativamente reducida que ocupan, no sólo porque proveen madera en rollo industrial sino también muchos otros productos y servicios ambientales. Probablemente, la superficie dedicada a las plantaciones forestales experimentará un aumento notable, sobre todo cuando su establecimiento comience a realizarse al margen del sector público, por las comunidades y particulares. También se ha comenzado a prestar atención a la función de las plantaciones arbóreas como fijadoras del carbono, para reducir la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera. La composición de especies tiene una gran importancia con vista a mantener los beneficios que reportan las plantaciones.

En las plantaciones forestales, las mezclas de especies pueden realizarse de forma deliberada o surgir de forma natural mediante la regeneración natural de otras especies leñosas en las plantaciones monoespecíficas. Para conseguir un masa mezclada hay diversas opciones, desde la mezcla simple de dos especies coetáneas hasta la inclusión de varias especies en una plantación manejada como bosque de entresaca. Se puede conseguir también plantando bloques contiguos de diferentes especies. En la actualidad, la mayor parte de las plantaciones son monoespecíficas. Las objeciones de quienes consideran que esa no es una práctica idónea desde el punto de vista ambiental no tienen en cuenta que muchas asociaciones monoespecíficas aparecen de forma natural. De hecho, las especies de crecimiento rápido que mejor se adaptan para producir productos madereros en rotaciones cortas son las especies típicas de las primeras fases de la sucesión forestal, en las que el número de especies es reducido; por tanto, es posible que no se adapten de forma natural y que no crezcan bien en una masa mezclada.

Disminución de los rendimientos de madera

En los casos de disminución del rendimiento de madera en las plantaciones monoespecíficas en el segundo turno o en los turnos subsiguientes, la causa no es tanto la condición de plantación pura como la falta de adaptación de la especie al lugar. Sin embargo,

durante las operaciones de extracción se producen pérdidas de nutrientes en las plantaciones, en particular en las de rotación corta. Las parcelas de muestreo permanente son un instrumento eficaz para detectar descensos de rendimiento, pero de cualquier modo los técnicos forestales deben evitar las prácticas silvícolas susceptibles de producir pérdidas de suelo o de materia orgánica. La práctica silvícola debe favorecer también el reciclaje de los nutrientes mediante una rápida descomposición de la materia vegetal.

Importancia del sitio y de los objetivos

Es necesario adaptar las especies al lugar si se quieren evitar problemas. Existen, no obstante, diversas especies que se adaptan a cualquier lugar y en ese caso la selección de una u otra depende de los objetivos de ordenación. Cuando se pueden conseguir los objetivos deseados mediante una gestión extensiva, como en los casos de ordenación de cuencas hidrográficas, rehabilitación de lugares degradados, plantaciones con fines recreativos y, en ocasiones, la producción de forraje para el ganado, es conveniente utilizar especies con capacidad biológica para crecer bien en masas mezcladas y que se complementen en cuanto a la provisión de productos y servicios ambientales. Pero si el objetivo es obtener un elevado rendimiento de un producto uniforme, por ejemplo para un proceso industrial específico, se conseguirá mejor con masas monoespecíficas formadas por especies de rotación corta, colonizadoras y sometidas a una gestión intensiva.

Sin embargo, en todos los proyectos de ordenación existen otros objetivos y, asimismo, limitaciones para conseguir las metas principales. Entre las limitaciones deben figurar la sostenibilidad del rendimiento y el mantenimiento de la fertilidad del sitio. Estos objetivos secundarios o limitaciones para garantizar la sostenibilidad ambiental pueden inducir a no establecer plantaciones monoespecíficas, sino mezclas en el sentido amplio, mediante la agrupación de plantaciones monoespecíficas o la rotación de masas de diferentes especies o, también, realizando aclareos intensos que favorezcan la formación de un estrato inferior de arbustos y herbáceas.

Riesgos

En muchos casos, las mezclas de especies constituyen un "seguro" frente al riesgo de pérdida total a consecuencia de una catástrofe o de la modificación de los mercados o de la demanda. Habitualmente, las mezclas de especies que tienen por objeto reducir los riesgos globales en las plantaciones sometidas a una gestión intensiva redundan en una disminución de los beneficios, al sustituirse parcialmente una especie de valor por otra menos valiosa o al aumentar los costos de gestión. Las plantaciones monoespecíficas y, todavía más, las monoclonales suelen corresponder a una política de "inversiones elevadas/producción elevada", que implica también un riesgo elevado. La idoneidad de este tipo de política depende en gran medida de la capacidad del administrador (ya sea el gobierno, la comunidad, un individuo o una empresa) para evaluar los riesgos y asignar recursos para hacer frente a posibles problemas y para realizar una labor de investigación que permita prevenirlos. Depende también de la duración del turno. En muchos países, por ejemplo en Nueva Zelandia, Sudáfrica, algunos Estados australianos, Brasil, Chile y el Congo, se ejecutan satisfactoriamente proyectos de plantaciones monoespecíficas, pero cuando no existe una organización que garantice la asignación de recursos, es aconsejable diluir los riesgos, aunque sólo sea utilizando mezclas de especies en el sentido amplio.

Aunque generalmente se considera que las mezclas de especies son un seguro contra los riesgos, se han mencionado casos en los que la diversidad de especies no ha dado buenos resultados en la lucha contra una enfermedad, por ejemplo el chancro del castaño en los Estados Unidos o el chancro *Dothistroma* en *P. radiata,* en el Africa oriental. Se ha afirmado incluso que las mezclas de especies pueden incrementar el riesgo de enfermedades al ofrecer un huésped alternativo. Es poco lo que se conoce acerca de los mecanismos de difusión y control de plagas y enfermedades en los ecosistemas forestales y, desde luego, es poco probable que las mezclas de especies indiscriminadas y sin experimentar sean un método eficaz de lucha contra las plagas o enfermedades.

Es importante controlar el crecimiento, los rendimientos y la fertilidad del suelo, pero no es fácil controlar la fertilidad. Además, es posible que los avances conseguidos en los dominios de la fitogenética y de las técnicas silvícolas enmascaren una disminución del rendimiento y que ésta no se detecte hasta la siguiente rotación. Ya se ha señalado que es necesario mantener la fertilidad del suelo mediante prácticas idóneas de gestión y, ciertamente, la mezcla de especies puede ayudar a conseguir este objetivo.

Sinergia

Existen algunos casos documentados de mezclas que favorecen el rendimiento total y el de componentes específicos y valiosos de una masa forestal. En Escandinavia, este "efecto de la mezcla de especies" es, tal vez, pequeño, pero hay indicaciones de que la utilización de especies codominantes fijadoras del nitrógeno pueden aumentar el rendimiento. Es importante intentar conseguir dichas sinergias, pero sólo pueden lograrse en algunos sitios y las condiciones en las que se producen no han sido suficientemente investigadas en los trópicos.

Tipos de plantaciones

a) Plantaciones industriales

La reducción de la diversidad es uno de los objetivos de la ordenación, a fin de obtener el máximo crecimiento de las especies de valor y conseguir uniformidad para el proceso de elaboración industrial. Algunos ecosistemas naturales están formados por una o algunas especies, pero en las plantaciones monoespecíficas el riesgo de inestabilidad es mayor, aunque por otra parte el tratamiento de los de ataques de plagas o enfermedades es más sencillo que en las plantaciones poliespecíficas.

La eficacia de las mezclas de especies como método de lucha contra las plagas y enfermedades es variable e incierta. Los mecanismos son complejos y en ocasiones las condiciones de la mezcla que es necesario establecer hace que sea antieconómico cultivar una especie vulnerable. Es sabido que algunas especies maderables tropicales de gran valor, sobre todo algunas caobas, sólo pueden establecerse satisfactoriamente en terreno de sombra, pues ello ayuda a controlar los ataques de *Hypsipyla*. Generalmente, la mejor manera de conseguir la sombra necesaria es la mezcla de la caoba con otra especie; las plantaciones mezcladas de caoba se han establecido satisfactoriamente (desde el punto de vista silvícola) en muchas partes de los trópicos.

El manejo de las plantaciones mezcladas, particularmente las mezclas de especies dominantes y codominantes, exige mayores aptitudes que la de las plantaciones

monoespecíficas. Si no se realizan las intervenciones en el momento oportuno o existe una incompatibilidad entre las especies utilizadas puede producirse una malformación de los troncos o la regresión natural a una situación monoespecífica.

Dado que muchas veces los productos de la corta final de las plantaciones industriales de los trópicos se destinan al mercado de exportación, las mezclas pueden resultar más viables desde el punto de vista económico si en una fase temprana de la rotación se puede aprovechar una especie protectora o "de relleno". Sin embargo, para ello es necesario que exista un mercado que absorba la madera de tamaño pequeño y otros productos no madereros procedentes de la especie protectora.

En las estaciones infértiles, el declive en el segundo turno es un riesgo real, que no puede ser ignorado tampoco en los lugares fértiles. Puede controlarse mediante una buena práctica forestal que incluya el establecimiento de mezclas temporales o permanentes de especies para aumentar la descomposición de la hojarasca y, por tanto, favorecer el reciclado de los nutrientes y aumentar el contenido de materia orgánica de la capa superficial del suelo.

b) Plantaciones sometidas a una gestión menos intensiva

En las plantaciones establecidas para la obtención de leña y postes, no es tan necesario que los productos conseguidos sean uniformes y es menos necesario que la tala y la extracción estén mecanizadas. Por ello, los factores que desaconsejan las mezclas en las plantaciones industriales tienen menos peso y se pueden llevar a cabo mezclas para reducir los riesgos o mejorar las condiciones del suelo.

Las plantaciones establecidas para obtener forraje deben ser plantaciones mezcladas, pues ello permite obtener forraje de hoja durante todo el año, particularmente durante la estación seca. También los cortavientos han de contener varias especies, para que ofrezcan abrigo de diferentes densidades y en diferentes niveles.

El establecimiento de otras especies leñosas asociadas con la especie principal puede reportar beneficios económicos; dos ejemplos que han sido mencionados son los del rotén y el sándalo.

c) Plantaciones establecidas para mejorar las condiciones del lugar

Las plantaciones establecidas con el objetivo de mejorar el lugar (ordenación de cuencas hidrográficas, rehabilitación de suelos degradados y fines recreativos) están formadas frecuentemente por mezclas de especies. En muchas ocasiones, las estaciones presentan problemas especiales sobre los que apenas se posee información y la mezcla de especies constituye un riesgo contra el fracaso. De cualquier forma, la sucesión natural tiende a establecer una diversidad limitada. Es útil poseer un cierto conocimiento de la sucesión ecológica natural del lugar.

Conservación de la flora y fauna silvestres

La mayor parte de las grandes plantaciones se establecen con un objetivo principal (como la producción de madera) pero existen también otros objetivos complementarios o, tal vez, limitaciones al objetivo principal (como la conservación del suelo, la protección de las

cuencas de captación o la obtención de beneficios sociales directos). Una de las posibles metas puede ser la conservación de la flora y fauna silvestres.

El mantenimiento de hábitats adecuados para la conservación de recursos genéticos y la producción de especies silvestres de importancia comercial o para la subsistencia son los principales objetivos de la conservación de la flora y fauna silvestres en las plantaciones forestales. La planificación y el diseño adecuados de la gestión cotidiana de la plantación pueden favorecer enormemente la contribución de las plantaciones forestales en la consecución de dichos objetivos. Los proyectos de plantación se inscriben en el contexto más amplio del aprovechamiento de la tierra. Medidas tales como plantar especies con fines de protección, la existencia de corredores de paso, el mantenimiento de islotes de bosque natural en las plantaciones y la concesión de incentivos a la población local pueden contribuir a la conservación de la flora y fauna silvestres.

Cuanto más favorezca la gestión de una plantación la diversidad vegetal global y cuanto más se parezca la plantación al bosque natural más contribuirá a la conservación de la vida silvestre. Las mezclas de especies adecuadas y de edades diferentes y el mantenimiento de franjas de bosque natural favorecen los objetivos de conservación. La población de grandes herbívoros poco exigentes puede alcanzar una gran densidad en las plantaciones donde existe diversidad estructural, o incluso en las plantaciones jóvenes y en las estaciones donde se ha realizado una corta total.

9. RECOMENDACIONES

Se han examinado de forma exhaustiva las publicaciones en las que se comparan las ventajas y desventajas de las plantaciones mezcladas y puras. Aunque son muy numerosos los estudios relacionados con este tema, en muy pocos de ellos se realizan comparaciones entre las plantaciones monoespecíficas y las plantaciones poliespecíficas. En esta sección se formulan algunas recomendaciones dirigidas a los técnicos, investigadores y planificadores forestales referentes al desarrollo de las plantaciones forestales en los trópicos y subtrópicos. Las recomendaciones se basan en los datos disponibles y tienen en cuenta las lagunas de conocimiento respecto al comportamiento de las especies en asociaciones puras y mezcladas.

Los objetivos de las plantaciones

Se recomienda establecer las plantaciones con objetivos específicos, para que sea posible evaluar plenamente los costos y beneficios. Esa es una condición necesaria para poder elegir entre la composición de una sola o de múltiples especies.

Adaptación al lugar de las especies y de los sistemas de manejo

Una de las principales recomendaciones que formula el presente estudio es la importancia de adaptar al lugar no sólo las especies y procedencias sino también los sistemas de manejo para garantizar a largo plazo el crecimiento y el rendimiento sostenidos de los productos deseados. Esta recomendación adquiere aún mayor valor a medida que en los trópicos y subtrópicos se establecen plantaciones en lugares poco propicios para el crecimiento de las especies tradicionales de plantación.

Se recomiendan una serie de directrices, formuladas a nivel nacional y subnacional y teniendo en cuenta los reglamentos forestales, para aplicar una buena práctica forestal en el desarrollo de las plantaciones. Estas directrices han sido elaboradas, por ejemplo, en Queensland (Kanowski y Savill, 1990) y por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales en colaboración con la FAO. Otras organizaciones han preparado también orientaciones con el fin de adoptar el criterio más adecuado en la planificación, establecimiento y manejo de las plantaciones.

Situaciones en las que están indicadas las mezclas de especies

En determinadas situaciones se recomienda que el gestor o planificador considere la posibilidad de realizar mezclas de especies en una plantación forestal. He aquí algunas de esas situaciones:

- bosques comunitarios, donde la existencia de más de una especie permite conseguir diversos usos finales y sirve a modo de seguro contra el fracaso de una especie;

- cortafuegos en las plantaciones puras, ya sea en líneas para crear una discontinuidad, o en mezclas íntimas para introducir un combustible menos inflamable;

- especies protectoras, especialmente para reducir los ataques de insectos, como en la mezcla de *Nauclea diderichii* y *Meliaceae* para reducir la incidencia de *Hypsipila*;

- zonas en las que se pretende favorecer la conservación de la vida silvestre. Esta situación es distinta de aquella en la que para reducir el impacto del establecimiento de plantaciones sobre la vida silvestre, se llevan a cabo mezclas de especies a fin de crear un hábitat adecuado para la vida silvestre.

Aunque no se trate de mezcla de especies arbóreas, hay que mencionar también:

- el fomento de un estrato arbustivo y herbáceo, mediante el aclareo periódico y evitando una densidad excesiva; se trata, de hecho, de la buena práctica forestal que se ha recomendado anteriormente;

- silvicultura clonal, que implica la existencia de una mezcla de bloques de clones en la zona de plantación anual y la introducción periódica de nuevos clones procedentes del programa de mejoramiento continuo de la reproducción sexual (incluida la hibridación).

Vigilancia del crecimiento

La información que existe en los trópicos sobre el crecimiento de las masas puras es escasa, y es casi inexistente por lo que respecta a las masas mezcladas. Se recomienda que aquellos países en los que existen programas de plantación forestal importantes (incluidos los programas comunitarios) establezcan una red de parcelas de muestreo permanentes en las plantaciones forestales. Dichas parcelas deben mantenerse durante varias rotaciones y son necesarias para todas las especies importantes; además, deben establecerse en múltiples lugares que pueden resultar convenientes para el establecimiento de plantaciones. Las parcelas de muestreo permanente deben complementarse con otros estudios de crecimiento, por ejemplo creando parcelas en las que se establezca la misma especie en rotaciones sucesivas y en las que las semillas se obtengan de la misma fuente que las de la plantación original, con la finalidad de reducir el riesgo de errores experimentales. Ello es posible debido a que en los trópicos las rotaciones de muchas especies son cortas. Las parcelas de muestreo son útiles también para elaborar modelos de rendimiento.

Investigación

Existe una ausencia casi total de datos de carácter experimental sobre los beneficios y dificultades que entrañan el establecimiento, crecimiento y comercialización de plantaciones forestales en los trópicos y subtrópicos, tanto de masas puras como mezcladas. Se recomienda que las instituciones de investigación de carácter nacional, regional e internacional incluyan dichos temas en sus programas de investigación sobre las plantaciones. A continuación, figuran algunos ejemplos:

- efectos a largo plazo sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento, en especial la posibilidad de que las especies fijadoras de nitrógeno permitan aumentar el rendimiento en las mezclas, y las consecuencias de las operaciones de extracción por lo que respecta al contenido de elementos nutritivos del suelo y al rendimiento de las rotaciones subsiguientes;

- identificación de nuevas especies y procedencias de árboles y arbustos para utilizarlos en mezclas de especies, en consideración al rendimiento de madera, y a los productos no madereros y otros beneficios que reportan. Es posible que sea necesario realizar una labor de investigación con el fin de conseguir mercados para los productos de las especies menos conocidas;

- compatibilidad de diferentes especies, ya sean arbóreas o arbustivas, cuando crecen en masas mezcladas, particularmente la sinergia entre especies y los métodos de gestión de las mezclas;

- potencial de las mezclas a efectos de protección, tanto frente a los insectos como frente a las enfermedades e incendios y, particularmente, los mecanismos de difusión de las enfermedades y plagas de insectos en los ecosistemas forestales y los procesos de control natural de los mismos.

Análisis económico

Si los datos de que se dispone sobre los aspectos económicos de las plantaciones en los trópicos son, en general, escasos, son prácticamente inexistentes por lo que respecta a las plantaciones mezcladas. Posiblemente, existe información sobre costos e ingresos, pero no indicaciones de que esos datos hayan sido cotejados y analizados. Se recomienda que los datos sobre costos y beneficios de los programas de plantación se recojan de tal manera que permitan una comparación fiable entre las plantaciones puras y mezcladas, sobre todo a lo largo de varias rotaciones. Dichos datos deben abordar la cuantificación de otros beneficios distintos de los productos madereros que se obtienen en las plantaciones.

En el presente estudio se ha hecho especial hincapié en los efectos biológicos de las plantaciones mezcladas y puras, pero puede haber también importantes razones de índole social o cultural para incluir en las plantaciones otras especies distintas de las que se plantan tradicionalmente con miras a obtener productos madereros. Se recomienda prestar la debida atención a dichos factores en el momento de decidir la composición de especies de las plantaciones.

APENDICE 1

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

La bibliografía que figura a continuación no es ni mucho menos exhaustiva, pues son muchos los ámbitos en los que se trata el tema de las plantaciones mezcladas. Los comentarios sólo hacen referencia a aquellos aspectos de la publicación que son pertinentes para las plantaciones mezcladas.

Adlard, P.G. 1978. Tropical forests - comparisons and contrasts. In: The ecology of even-aged forest plantations. Proceedings of the meeting of Division I, IUFRO, Edinburgh, Sept. 1978. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge (UK), 1979.
Los trópicos: Ordenación. Suelos.
En los bosques hidrofíticos, la producción primaria neta puede servir para mantener un equilibrio dinámico. En este tipo de bosques revisten particular importancia las especies fijadoras del nitrógeno. En los trópicos, las temperaturas elevadas y las precipitaciones intensas aumentan la lixiviación. La utilización de fertilizantes es costosa y, además, puede provocar lixiviación y dañar a las bacterias fijadoras del nitrógeno y a las micorrizas.

Adlard, P.G., 1990. Procedures for monitoring tree growth and site change. Tropical Forestry Paper 23, Oxford Forestry Institute (UK).
General: Ordenación, investigación.
Manual para diseñar y establecer parcelas de muestreo permanente.

Agarwal, S.C., Chinnamani, S. and Rege, N.D. 1961. Mixed plantations for effective soil conservation in the Nilgiris. Indian Forester 87 (1): 26-33.
India: Suelos. Ordenación.
La regeneración natural de *Acacia molissima* bajo *Eucalyptus globulus* se produce de forma satisfactoria. El valor protector de la mezcla es mayor que el de cualquiera de las dos especies por separado.

Agestam, E. 1991. *Blandskogens produktion.* (The production of mixed stands). Skog och Forskning 2/91: 44-51.
Escandinavia: Rendimiento.
Examen de mezclas de especies. Pese a las ventajas teóricas de las mezclas, resulta difícil de mostrar que se obtienen beneficios prácticos importantes.

Alphen de Veer, F.J. van 1950. *Loofhout in Pinus-Culturen.* (Broadleaved species in pine plantations.) Unpublished. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982, Abstract 590.
Indonesia: Ordenación.
Se previene contra los monocultivos. Se recomiendan mezclas con especies de frondosas para evitar riesgos.

Alphen de Veer, F.J. van 1950. *Loffhoutmenging Pinus Takengon.* (Mixing Pinus with broadleaved species in Takengon, Aceh.) Handwritten. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 597.
Indonesia: Ordenación.
Se recomienda que el espaciamiento sea amplio y, asimismo, formar un piso inferior de frondosas. Las frondosas se pueden plantar después del primer aclareo. Se incluye una lista de especies idóneas.

Alrasyid, H. 1985. *Percobaan penanaman kayu eboni (Diospyros celebica) di bawa tekagan jati de Jawa.* (The plantation trial of ebony wood *(Diospyros celebica)* under teak forest stand in Java.) Buletin Penelitian Hutan No. 464: 23-37.

Indonesia: Ordenación.
Se ha experimentado el establecimiento de un estrato inferior de ébano en las plantaciones de teca y se ha concluido que en los climas monzónicos, el crecimiento en altura del ébano es escaso.

Althen, F.W. von 1968. Incompatibility of black walnut and red pine. Bimonthly Research Notes, Department of Forestry, Canada. 2.
Canadá: Ordenación. Aspectos ambientales.
Experimento realizado para comprobar los efectos de la juglona, sustancia excretada por las raíces del nogal, sobre el pino rojo. Los resultados indican que dichos efectos son muy perjudiciales, en ocasiones letales.

Althen, F.W. von 1974. Successful establishment of sugar maple in a Scots pine plantation. Information Report, Great Lakes Forest Research Centre, Canada, No. 0-X-208.
Canadá: Ordenación.
El arce de azúcar no consigue un buen crecimiento en forma de masas puras en terrenos agrícolas abandonados. Se ha ensayado su plantación bajo una cubierta de *Pinus sylvestris*, con resultados prometedores.

Ananthia Padmanabha, H.S. Nagareni, H.C. and Rai, S.N. 1988. Influence of host plants on growth of Sandal. My forest 24(2): 154-160.
India: Ordenación.
Se indican huéspedes adecuados para *Santalum album*. Las sugerencias se basan en los resultados del cultivo en macetas y en el análisis de las hojas, por lo que respecta al Mg, N, P y K.

Anderson, M.L. 1953. Spaced group planting. Unasylva 7: 55-63.
Trópicos: Ordenación.
Describe un sistema de plantación por grupos.

Andersson, S.O. 1985. Treatment of young mixed stands with birches and conifers. In: Broadleaves in Boreal Silviculture - An Obstacle or an Asset? Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report No. 14.
Suecia: Ordenación.
Se considera que las ventajas que supone conservar frondosas como masas protectoras superan a las desventajas que implican las pérdidas de incremento.

Andrasko, K. 1990. Climate change and global forests: current knowledge of potential effects, adaptation and mitigation options. FO:MISC/90/7, FAO, Rome, pp 60.
General: Clima.
Examen de los factores que producen el cambio climático y de su repercusión sobre los bosques.

Anon 1974. Supplementary planting in logged beech forest. What's New in Forest Research 10. Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand.
Nueva Zelandia: Ordenación.
El eucalipto se utiliza en los bosques de *Podocarpus-Nothofagus*, donde *Dacrydium cupressinum* crece mezclado con el haya.

Applegate, G.B. 1991. Personal communication.

Applegate, G.B. and Bragg, A.L. 1988. Agroforestry tree species for north Queensland. Paper presented at Conference on Reforestation on the North Coast of New South Wales, Queensland Forest Department.
Australia: Ordenación.
Comparación de rodales puros de *Toona australiensis* con otras masas en las que dicha especie se mezcló con *Grevillea robusta*. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se plantó en forma de masa pura o bajo una especie protectora de un año de edad. Es importante llevar a cabo el aclareo de la especie protectora.

Applegate, G.B. and Gilmour, D.A. 1987. Operational Experiences in Forest Management Development in the Hill of Nepal. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) Occasional Paper No. 6, Kathmandu, pp 40.
Nepal: Ordenación, rendimiento.
Clasificación de los bosques y opciones de ordenación, en función de la masa inicial, que pueden utilizarse en los planes de trabajo en las aldeas.

Applegate, G.B. and Gilmour, D.A. 1988. Biomass and productivity estimates for community forest management: a case study from the hills of Nepal - I. Biomass and productivity of Chir pine *(Pinus roxburghii* Sargent) plantations. Biomass 17: 115-136.
Nepal: Rendimiento.
Presenta regresiones para la predicción de la clase de $sitios_{20}$ a partir de la longitud internodal, y para predecir el peso del tronco, las ramas y el follaje a partir del dap, en el pino Chir.

Applegate, G.B. *et al* 1990a. Sandalwood in the Pacific: a state-of- knowledge synthesis and summary from the April 1990 symposium. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 1-11.
Trópicos: Ordenación, ecología, utilización.
Resumen de las comunicaciones presentadas en el simposio.

Applegate, G.B., Davis, A.G.W. and Annable, P.A. 1990b. Managing Sandalwood for conservation in North Queensland. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, forest Service, General Technical Report PSW-122. pp 12-18.
Australia: Ordenación.
Descripción general del sándalo en el norte de Queensland.

Aracruz Celulose S.A. 1988. Technology, Social Progress and the Environment. Leaflet describing the company's activities.
Brasil: Ordenación.
El 20 por ciento de la zona está ocupado por bosques autóctonos. Se están plantando árboles frutales para favorecer la presencia de aves como predadores.

Aubreville, A. 1953. *Une visite aux plantations de limbo du Moyen-Congo.* (A visit to the limbo plantations in central Congo.) Bois et forêts des tropiques 27: 3-8.
Congo: Ordenación.
Una serie de experimentos han mostrado que se puede plantar *Terminalia superba* en fajas muy espaciadas con un número relativamente reducido de plántulas por hectárea y conseguir, pese a ello, madera de gran calidad.

Auclair, D. 1978. *La sylviculture de forêts mélangées. Etude bibliographique.* (The silviculture of mixed forests. A review of the literature.) Document Centre de recherches forestières d'Orléans No. 78/30.
Examen crítico: Ordenación.
Examen de la bibliografía relativa a la silvicultura de las masas mezcladas.

Babbar, L.I. and Ewel, J.J. 1989. *Decomposición del follaje en diversos ecosistemas sucesionales tropicales.* (Decomposition of foliage in successional tropical ecosystems.) Biotropica 21 (1): 21-29.
Costa Rica: Suelos.
En una plantación pura, las hojas de *Cordia alliodora* se descompusieron lentamente (el 22 por ciento de la masa y <50 por ciento de todos los elementos, excepto P y K, en 15 semanas) frente al 50 por ciento de la masa y los elementos, excepto N y S, en 6 semanas, en una simulación de una masa sucesional rica en especies.

Bakhoven, A.C. 1930. *Vul-drijf en dikkingshout in wildhoutbergculturen, dan wel, de in de bergwildhoutbergculturen in te brengen houtsoorten vor blijvend onderbestand en ondergroei.* (Auxiliary, nursing and soil covering tree species to mix in non-teak plantations in the mountains, or, to form a permanent understorey tree layer and undergrowth.) Tectona 23: 558-569. 569-581. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 591.
Indonesia: Ordenación. Suelos.
Directrices silvícolas para establecer plantaciones mezcladas, densas en sentido vertical, que se consideran más adecuadas desde el punto de vista hidrológico.

Ball, J.B. 1979. Plantations. Technical Report No. 3, Forestry Development Project, Nigeria. FAO. Rome.
Nigeria: Mezclas de *Nauclea diderichii* con *Meliaceae*.
Modelos de crecimiento y cálculo de la tasa de rentabilidad interna.

Bandara, P.D.M.G.D. 1990. Insects and diseases of forest plantations in Sri Lanka. In: Pests and Diseases of Forest Plantations. Hutacharen, C., MacDicken, K.G., Ivory, M.H. and Nair, K.S.S. eds. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
Sri Lanka: Plagas y enfermedades.
Se señalan las plagas y enfermedades de las plantaciones forestales y se enumeran zonas de plantaciones por especies (en total, 180 000 ha).

Barnes, R.D. 1991. Personal communication.

Barnes, R.D. and Mullin, L.J. 1976. Selection of forest tree species in Rhodesia. South African Forestry Journal 98: 16-19.
Africa austral: Ordenación. Aspectos ambientales.
Los fracasos registrados en las plantaciones arbóreas en el Africa austral se deben, en muchos casos, al hecho de que la plantación no se establece en el lugar idóneo.

Basu, B.K. and Aparajita, M. 1987. Effect of Eucalyptus monocultures on the soils of southwest Belgal, Mudnapore dictrict, India.
India: Suelos.
Análisis de suelos en tres plantaciones híbridas de eucaliptos (edades: 14, 10 y 4; dap: 19,1; 9,5; 6,8 cm). Al aumentar la edad se producía un incremento del pH (de 5,2 a 5,7), del contenido de materia orgánica (a consecuencia de la protección frente a los incendios), del N, del Ca intercambiable y del K, así como de la cantidad total de MgO y de K_2O.

Bateman, I. 1991. Placing money values on the unpriced benefits of forestry. Quarterly Journal of Forestry (UK) 85 (3): 152-165.
Reino Unido: Aspectos económicos.
Análisis de rentabilidad de la Comisión Forestal del Reino Unido.

Bates, A.L. and Thor, E. 1970. Mixed-species plantations: composition and growth as related to soil/site characteristics. Journal for Forestry 68 (4): 234-236.
Estados Unidos: Rendimiento.
Comparación de masas puras de *Pinusechinata* con mezclas realizadas con *Pinus strobus* y *Liriodendrun tulipifera* en rodales de 25 años de edad. No se encontraron indicios de que el crecimiento fuera mayor en las mezclas.

Becking, J.H. 1928. *De djaticultur op Java. Een verlijkend onderzoek naar de uitkomsten van verschillende verjongingsmethoden van den djati op Java.* (The cultivation of teak in Java. A comparative investigation into the results of different methods of teak regeneration in Java.) Meded. P.v.b.H. 22, Thesis, Agricultural University, the Netherlands. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 714.

Indonesia: Ordenación.
Se compara el sistema taungya para regenerar la teca con la regeneración con brotes de cepa. Se obtienen mejores resultados con el sistema taungya, intercalando *Leucaena*.

Bell, T.I.W. 1973. Erosion in the Trinidad teak plantations. Commonwealth Forestry Review 52 (3): 223-233.
Trinidad: Suelos. Ordenación.
Las mediciones comparativas de pérdidas de suelo realizadas en plantaciones de teca de 10 y 13 años de edad y en bosques naturales muestran que la pérdida de suelo es mayor en las plantaciones de teca. En Trinidad, la teca se mezclaba con otras especies, hasta 1919.

Benites, J.R. 1990. Agroforestry systems with potential for acid soils of the humid tropics of Latin America and the Caribbean. Forest Ecology and Management 36: 81-101.
América del Sur y el Caribe: Suelos.
Gmelina arborea y otras especies permiten un importante incremento de Ca y Mg en la capa superficial del suelo, pero pueden causar un descenso muy acusado del K intercambiable y producir carencias de dicho elemento.

Bhatia, N. and Promila Kapoor. 1984. Neighbour interactions between *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica* in Punjab. Leucaena Reserarch Reports 5: 18-19.
India: Rendimiento.
Se han mezclado *L. leucocephala* y *A. nilotica* en diferentes cantidades. Las observaciones realizadas durante las 30 primeras semanas permiten pensar que esta mezcla es muy prometedora.

Binggeli, P. and Hamilton, A.C. 1990. Three species invasion and sustainable forestry in the East Usambaras. In: Research for Conservation of Tanzanian Catchment Forests. ed Hedberg, I. and Persson, E., Uppsala, Sweden.
Tanzanía: Ordenación, ecología.
Se hace referencia a la invasión de los bosques naturales por especies exóticas y a las medidas necesarias para rehabilitar los bosques.

Binkley, D. 1983. Ecosystem production in Douglas-fir plantations: interaction of red alder and site fertility. Forest Ecology and Management 5 (3): 215-227.
Estados Unidos: Suelos.
En un lugar en el que existía carencia de N, el aliso rojo incrementó el dap medio del abeto Douglas, pero no su a.b.; la biomasa total (incluidos los alisos) se multiplicó por 2,5. Se produjo, asimismo, un aumento del N foliar. En el lugar rico en N, el aliso rojo causó la reducción del dap y de la a.b. del abeto Douglas.

Binkley, D. 1984. Importance of size-density relationship in mixed stands of Douglas fir and red alder. Forest Ecology and Management 9 (2): 80-85.
Canadá: Rendimiento. Suelos.
Se compararon pares de parcelas de abeto Douglas/aliso rojo. La mortalidad era más elevada en las masas mezcladas en lugares fértiles. Al parecer, en lugares infértiles existen recursos infrautilizados que puede utilizar el aliso.

Binkley, D. 1990. Mixtures of N_2-fixing and non-N_2-fixing tree species. In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div S2.01 Symposium.
Bosques templados: Suelos.
En los lugares en los que existe carencia de N, sólo cabe esperar resultados cuando los árboles fijadores del nitrógeno son dominantes o codominantes. Al aumentar el crecimiento puede aumentar la demanda de nutrientes y, en tal caso, el ritmo al que

se produce el ciclo de los nutrientes puede no ser suficiente para mantener la tasa de crecimiento.

Binkley, D. and Greene, S. 1983. Production in mixtures of conifers and red alder: the importance of site fertility and stand age. General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. of Agriculture Forest Service 163: 112-117.
Estados Unidos: Suelos.
En lugares infértiles, las masas mezcladas de alisos/coníferas dieron como resultado un aumento de la tasa de producción del ecosistema. El aumento de la producción de las coníferas se produjo a partir de la edad de 30 años. En los sitios fértiles, la productividad de las masas mezcladas no era superior a la de las masas puras y la producción de coníferas disminuía.

Birot, Y. 1991. Boisement et reboisement. Position paper, Theme 13, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings Vol. 5: 9-19.
Estudio de alcance mundial: Examen general con ejemplos de la utilización de mezclas.

Bjorkdahl, G. and Eriksson, H. 1989. Effects of crown decline on increment in Norway spruce *(Picea abies* (L.) Kunst.) in southern Sweden. Medd. Norsk. Inst. Skogforst 42 (1): 19-36.
Suecia: Enfermedades; rendimiento.
Examen de las repercusiones de la decadencia de las copas sobre los rendimientos.

Boardman, R. 1978. Productivity under successive rotations of Radiata pine. Australian Forestry 41 (3): 177-179.
Australia: Rendimiento.
El declive del segundo turno guardaba relación con la calidad del sitio del primer turno. Es importante estimular el crecimiento de las masas jóvenes.

Boardman, R. 1982. Use of balanced fertilizers to produce acceptable growth rates in *Pinus radiata* on marginal sites in South Australia. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Washington, 323-332.
Australia: Suelos. Ordenación.
Análisis de estrategias de radicación. Superación de la disminución del rendimiento prestando atención al contenido de materia orgánica de la capa superficial del suelo, fuente principal de los intercambios básicos. La falta de materia orgánica produce la compactación. Es necesario evitar la acumulación de hojarasca. La aplicación periódica de fertilizantes es beneficiosa para *Pinus radiata*.

Boardman, R. 1988. Living on the edge - the development of silviculture in South Australia pine plantations. Australian Forestry 51 (3): 135-156.
Australia: Ordenación.
Historia de la silvicultura en el sur de Australia.

Boardman, R. 1990. The use of species mixtures in plantations for rehabilitation purposes in the winter rainfall areas of South Australia. In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div. S2.01 Symposium.
Australia: Ordenación.
Analiza la compatibilidad en las mezclas a partir de datos de plantaciones espaciadas por grupos en el caso de los eucaliptos, y de ensayos de espaciamiento en *P. radiata*, para producir modelos de vigor. Se están utilizando mezclas de especies en los planes de utilización de aguas residuales.

Boardman, R. 1991. Personal communication.
Australia: Ordenación.

Tasa, intrínsecamente más baja, de mineralización del nitrógeno en las plantaciones de *P. radiata* que en las masas naturales.

Bond, G. 1983. Taxonomy and distribution of non-legume N-fixing systems. In: Biological Nitrogen fixation in forest ecosystems: Foundations and applications. J.C. Gordon and C.T. Wheeler eds. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk publishers.
General: Suelos.
Enumeración de géneros que incluyen especies con nódulos del tipo alnus.

Bossut, P. 1988. *Premiers résultats des plantations d'acacias australiens.* AFRI (Togo), CTFT, unpublished.
Togo: Rendimiento. Suelos.
Se enumeraron mezclas en líneas establecidas en 1982-83 a fin de mejorar sitios inadecuados para establecer plantaciones puras de eucaliptos. La acacia producía, por término medio, el doble de madera que el eucalipto.

Boyce, J.S. 1954. Forest plantation protection against disease and insect pests. FAO Forestry Development Paper No. 3, pp 41.
General: Plagas y enfermedades.
Examen general de los problemas derivados de las plagas y enfermedades.

Brandis, D. 1901. Pure forests and mixed forests. Transactions of the Royal Scottish Arboricultural Society.
Alemania: Ordenación.
Las mezclas de pino/abeto y pino/haya están menos expuestas a los ataques de la mariposa monja (*Liparis monarcha*). La estructura del suelo es mejor en las mezclas de pino/haya y arce/haya. Las mezclas de roble/haya en Spessart dependen de la tala temprana del haya para las fábricas de vidrio, lo que permite el crecimiento del roble.

Brown, A.H.F. 1990. Functioning of mixed species stands: the Gisburn experiment in NW England. In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div. S2.01 Symposium.
Reino Unido: Suelos.
El efecto de la mezcla puede ser positivo, negativo o compensatorio. En el caso del abeto, parecían estar en juego la aportación de N (y posiblemente P), cuya disponibilidad puede variar en función de la renovación de la materia orgánica o de la complementariedad de los modelos de enraizamiento.

Brown, A.H.F. and Harrison, A.F. 1983. Effects of tree mixtures on earthworm populations and nitrogen and phosphorus status in Norway spruce *(Picea abies)* stands. In: New Trends in Soil Biology. Lebrun, P., Andre, H.M. and Medts, A. (eds.) pp 101-108. Université Catholiqué de Louvain, Louvain-la-Neuve, pp 703.
Reino Unido: Suelos.
Mezcla de abeto, aliso y pino silvestre, de 26 años de edad en Gisburn. La inclusión de aliso y, más aun, pino, incrementó el número y el peso de las lombrices de tierra, del NO_3, del P y, asímismo, la altura de los árboles. Se da por sentado que la mezcla de árboles sirvió para aumentar la población de lombrices de tierra, lo que supuso una mayor mineralización de N y P.

Bruenig, E.F. 1983. Designing ecologically stable plantations. In: Strategies and Designs for Afforestation and Tree Planting. Proceedings of an International Symposium (Wiersum, K.F. ed.), PUDOC, Wageningen, 1984.
Alemania: Ordenación. Rendimiento.
Se critica la rigidez de la silvicultura actual. Se ofrecen directrices para una silvicultura más flexible y funcional y un ejemplo práctico de la aplicación de dichas directrices.

Bruenig, E.F. 1991(a). ITTO guidelines for the sustainable management of man-made tropical forests (first draft). Presented to the Permanent Committee on Reforestation and Forest Management at the seventh session, Quito, Ecuador.
Trópicos: Ordenación.
Esboza 48 principios y sugiere 56 líneas posibles de actuación, con referencia especial al mantenimiento de la estabilidad y reducción del riesgo. Se expresa una opinión claramente favorable a las plantaciones mezcladas.

Bruenig, E.F. 1991(b). Forests and climate: new dimensions and perspectives. Position Paper, Theme 1, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings Vol. 2: 9-15.
Aspectos relativos a la ordenación, de alcance mundial.
Se llama la atención sobre los problemas inherentes a los bosques artificiales, porque el hecho de que la producción sea la principal consideración produce inestabilidad ecológica. Es necesario modificar los bosques creados por el hombre para hacer frente a los inminentes cambios climáticos.

Budowski, G. 1983. Biological diversity and forestation in the tropics. In: Strategies and Designs for Afforestation and Tree Planting. Proceedings of an International Symposium (Wiersum, K.F. ed.), PUDOC, Wageningen, 1984.
Los trópicos: Ordenación.
Resumen de las ventajas de las plantaciones frente a los bosques naturales. Se analizan las experiencias relativas a las plantaciones mezcladas, hasta el momento limitadas y en muchos casos decepcionantes. En este sentido, las especies protectoras y de sombra constituyen una excepción.

Bule, L. and Daruhi, G. 1990. Status of Sandalwood resources in Vanuatu. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 79-84.
Vanuatu: Ordenación.
Historia de la explotación del sándalo en Vanuatu y exposición de los problemas y de los trabajos de investigación actuales.

Burdon, R.D. 1982. Monocultures - how vulnerable? What's new in Forest Research No. 115. Forest Research Institute, Rotorua.
Nueva Zelandia: Medio ambiente. Suelos.
Se resumen y examinan las críticas que se han vertido acerca de las plantaciones puras coetáneas. Se establece la conclusión de que las masas puras coetáneas no son necesariamente más vulnerables que las masas mezcladas. Se señala el éxito limitado de las especies exóticas distintas del pino radiata, en Nueva Zelandia.

Burley, J. and Ikemori, Y.K. 1988. Tropical forest production: the impact of clonal propagation technology. In: Towards an Agro-industrial Future, Royal Agricultural Society of England, Monograph Series 8: 169-180.
Brasil: Ordenación.
Descripción del programa fitosanitario y de clonación de Aracruz, Brasil.

Butterfield, J., Standen, V. and Benitez Malvido, J. 1990. The effect of mixed species planting on the distribution of soil invertebrates in broadleaved and conifer stands. In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div. S2.01 Symposium.
Reino Unido: Suelos.
Distribución del escarabajo carábido de la subfamilia *Enchytraeidae*, determinada por el tipo de suelo y las especies arbóreas.

Calabri, G. 1991. Problems and prospects for forest fire prevention and control. Position Paper, Theme 5, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings, Vol.2: 405-414.
Cuestiones de ordenación de alcance mundial.
Estadísticas de incendios forestales y métodos para reducir los riesgos de incendio.

Campinhos, E. and Ikemori, Y.K. 1986. Breeding *Eucalyptus* in Brazil. Aracruz Florestal S.A. Mineographed Report pp 9.
Brasil: Ordenación.
Se examina la necesidad de mejorar la calidad genética de las plantaciones arbóreas. Además de incrementos en el volumen, etc., se han conseguido importantes mejoras en cuanto a la densidad de la madera, el rendimiento de pasta y la capacidad de rebrotar de la cepa. Ventaja económica de Brasil (55$/tonelada de pasta) frente a Finlandia (155$).

Campinhos, E. and Claudio-da-Silva, E. 1990. Development of the Eucalyptus tree of the future. Paper presented to ESPRA Spring Conference, Seville, Spain. Aracruz Florestal S.A. Mimeographed Report.
Brasil: Ordenación.
Importancia del mejoramiento genético para la calidad de la pasta. El volumen (1990) ha descendido a 35 m^3, frente a 45 m^3 en 1985, como resultado de la sequía.

Canizares, E.G. *et al.* (1987?). *Propuesta de planificación territorial de la actividad forestal en la Sierra del Rosario, Cuba.* IESACC, A.P. 8010, C. Habana 10800.
Cuba: Ordenación.
Establece un índice de estrés para los lugares y un índice de la capacidad de cada especie para hacerle frente. Utilizando dichos índices, sería posible adecuar las especies a los lugares.

Carlson, A. 1986. A comparison of birds inhabiting pine plantation and indigenous forest patches in a tropical mountain area. Biological Conservation 35: 195-204.
Kenya: Fauna silvestre.
Las especies con exigencias especiales eran menos numerosas, en las plantaciones de pino radiata, que las especies con mayor facilidad de adaptación. El pino favorecía a las especies paleárticas. Es necesario que existan reservas forestales autóctonas, así como islotes y mosaicos de especies vegetales autóctonas.

Carlson, P.J. and Dawson J.O. 1984. Effects of autumn-olive and black alder leaf mulches on the growth of eastern cotton wood in two soils. Forestry Research Report, Dept. of Forestry, Agricultural Experiment Station, University of Illinois 84-1: pp 3.
Estados Unidos: Suelos.
En experimentos realizados en macetas, una cobertura de hojas de *Alnus glutinosa* y *Ellaeagnus umbellata* (especialmente de esta última especie) favoreció el crecimiento de *Pupulos deltoides* tanto en un suelo franco de pradera como en un suelo de arena:turba: mezcla en proporción 2:1:1. Las especies fijadoras de nitrógeno pueden ser beneficiosas incluso en los fértiles suelos de pradera.

Cellier, K.M., Boardman, R., Boomsma, D.B. and Zed, P.G. 1985. Response of *Pinus radiata* D. Don to various silvicultural treatments on adjacent first- and secon-rotation sites near Tantanoola, south Australia. I. Establishment and growth up to age seven years. Australian Forestry Research 15: 431-447.
Australia: Ordenación. Suelos.
Descripción de tratamientos realizados en pares de parcelas de primera y segunda rotación. Particularmente efectivos fueron la utilización de un herbicida para eliminar la maleza y la aplicación de fosfato (en grandes cantidades) y de una cantidad moderada de nitrógeno; la cal resultó eficaz en el segundo turno. No se

apreciaron diferencias en los rendimientos de las dos rotaciones en condiciones óptimas; el aumento total del rendimiento fue del 30%.

Chaffey, D.R. 1978. Decline in productivity under successive rotations of forest monoculture. Land Resources Division, Miscellaneous Report 243, ODA, London.
Examen general.
Examen de la bibliografía existente para los siguientes aspectos principales: patógenos, propiedades físicas del suelo, propiedades químicas del suelo, factores biológicos y clima.

Champion, H.G. 1954. Forestry. Oxford University Press (UK).
Manual de carácter general: Ordenación.
Se explican brevemente la mezcla en líneas y la mezcla en matrices. Se señala que es relativamente raro que las mezclas sean satisfactorias.

Champion, H.G. and Griffith, A.L. 1948. Manual of general silviculture for India. Geoffrey Cumberlege, Oxford University Press (UK).
India: Ordenación, manual.
Se indican de manera sucinta algunas razones de peso que hacen fracasar las plantaciones mezcladas. Dados los escasos conocimientos actuales, es probable que durante muchos años haya que limitarse a realizar un trabajo experimental. Los datos existentes indican que el principal beneficio de las mezclas de especies ha de ser la conservación del suelo en futuras rotaciones.

Chapman, K., Whittaker, J.B. and Heal, O.W. 1988. Metabolic and faunal activity in litters of tree mixtures compared with pure stands. Proceedings: Workshop on interactions between soil-inhabiting invertebrates and microorganisms in relation to plant growth, Columbus, Ohio, March 1987. In: Agriculture, Ecosystems and Environment V. 24 (1-3) Elsevier, 1988.
Reino Unido: Suelos.
En las plantaciones mezcladas de abeto/pino, la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de los árboles fueron mayores que en las masas monoespecíficas, pero fueron menores en las mezclas de abeto/ aliso y abeto/roble. Existía una correlación positiva entre las tasas de movilización y la actividad metabólica y aquéllas estaban en función, asimismo, de los cambios experimentados en el conjunto de agentes de descomposición del suelo forestal.

Chaturvedi, A.N. 1983. Eucalyptus for Farming: Uttar Pradesh Forest Bulletin 48, 48 pp.
India: Ordenación.
La eliminación de una de las especies se produce inevitablemente en una mezcla. El eucalipto tiende a verse más afectado por la competencia. Se han ensayado y rechazado 9 mezclas.

Chijioke, E.O. 1980. Impact on soils of fast-growing species in lowland humid tropics. André Mayer Research Fellowship. FAO Forestry Paper 21, FAO, Rome.
Trópicos: Suelos.
No existen pruebas de que el agotamiento de las reservas de nutrientes del suelo sea más rápido en las masas puras que en las mezcladas, cuando la producción de biomasa, la duración del turno y el porcentaje de la masa extraida durante la explotación son idénticos.

Chou, C.K.S. 1981. Monoculture, species diversification, and disease hazards in plantation forestry. New Zealand Journal Journal of Forestry 26 (1): 20-42.
Nueva Zelandia: Aspectos ambientales, plagas y enfermedades.
No está clara la relación existente entre la composición de la masa y el riesgo de enfermedades. Si un elemento patógeno tiene varias especies hospedantes, es posible que las mezclas no sean más seguras que las masas puras. Ello hace difícil la

prescripción de mezclas seguras. En ocasiones, el propio sistema de mezclas puede crear problemas de enfermedades. La rotación de cultivos es un tipo de mezcla que puede resultar necesario.

Chu, C.G. 1980. (Study on biological productive forces of *Pinus koraiensis* artificial forest). Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica.
China: Rendimiento.
Se establece una comparación entre las masas puras y mezcladas de *Pinus Koraiensis*. Cuando se mezcla dicha especie con frondosas la biomasa total es mayor que en las masas puras. También son mayores la calidad y el vigor de los rodales mezclados.

Ciesla, W.M. 1991. Cypress aphid: a new threat to Africa's forests. Unasylva 167. Vol. 42: 51-55.
Africa oriental: Ataques de insectos.
Hace referencia a los ataques de que es objeto *Cupressus lusitanica* por *Cinara cupressi*.

Ciesla, W.M. and J.E. Macis Samano. 1987. Desierto de los Leones: A forest in crisis. American Forests 93: 29-31, 72-74.
Medio Ambiente: Contaminación.

Clatterbuck, W.K., Oliver, C.D. and Burkhardt, E.C. 1987. The silvicultural potential of mixed stands of cherrybark oak and American sycamore: Spacing is the key. Southern Journal of Applied Forestry 11: 158-161.
Estados Unidos: Ordenación.
Mezcla en líneas de *Quercus falcata* var. *Pagodifolia, Platanus occidentalis* y *Populus deltoides* (extinguida). *Q. falcata*, la especie más valiosa, fue eliminada debido a la proximidad de *P. occidentalis*. A los 24 años, la especie dominante, *Q. falcata,* alcanzó el mismo crecimiento que *P. occidentalis*. La ordenación es un factor importante.

Clatterbuck, W.K. and Hodges, J.D. 1988. Development of cherribark oak and sweet gum in mixed, even-aged bottomland stands in central Mississippi, USA. Canadian Journal of Forest Research 18(1): 12-18.
Estados Unidos: Rendimiento. Ordenación.
Con un espaciamiento de 5,5 m se produjo un crecimiento "restringido". *Liquidambar styraciflua* dominó durante 20 años. A la edad de 58 años, *Q. falcata* había alcanzado un dap de 61 cm y una altura de 34 m. En el caso de las especies dominantes o codominantes en las que el espaciamiento era superior a 5,5 m se produjo un crecimiento sin limitaciones. A la edad de 40 años, *Q. falcata* había alcanzado un dap de 56 cm y una altura de 56 m.

Clout, M.N. 1985. Wildlife in pine plantations - the New Zealand position. In: Wildlife management in the forest and forestry controlled lands in the tropics and southern hemisphere, ed. J. Kikkawa. IUFRO Workshop held at University of Queensland, Australia.
Trópicos y Hemisferio Sur: Fauna silvestre.
Existe una correlación positiva entre las especies autóctonas de aves y la diversidad estructural de hábitats. Las plantaciones jóvenes de pinos son hábitats particularmente poco favorables para las aves autóctonas.

Cossalter, C. 1991. Personal communication.

Coster, C. 1934. *Rapport over de reboisatie der Tegal-Waroe landen.* (Report of the reafforestation of the Tegal Waru lands 1934.) Unpublished. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 626.
Indonesia: Ordenación.

Se recomiendan métodos para la repoblación forestal de praderas. Entre los métodos recomendados figuran las mezclas con *Albizia falcataria* en el estrato superior.

Coté, B. and Camire, C. 1987. Tree growth and nutrient cycling in dense plantings of hibrid poplar and black alder. Canadian Journal of Forest Research 17 (6): 516-523. Canadá: Suelos.
Alnus glutinosa y *Populus nigra* o *P. trichocarpa*. Al cabo de tres años disminuyó el efecto estimulante del aliso respecto al crecimiento del álamo. Se considera que el factor que favorece más decisivamente el crecimiento del álamo es la menor competencia del aliso (de tamaño más reducido) por el nitrógeno del suelo y la luz durante la primera fase de crecimiento.

Courrier, G. and Garbaye, J. 1981. *A propos de la sylviculture des peuplements mélangés. Un exemple de l'effet bénéfique de l'aulne sur la croissance des peupliers.* Revue forestière française 333 (4): 289-292.
Francia: Suelos.
Aunque al cabo de diez años habían desaparecido por completo los efectos fertilizadores sobre *Populus* "Fritzi Pauley", existía una estrecha relación entre el número de álamos y el de *Alnus glutinosa*.

Craib, I.J. 1947. The silviculture of exotic conifers in South Africa. Journal of the South African Forestry Association 15: 11-45.
Africa austral: Ordenación.
A fin de aumentar el rendimiento económico se recomienda realizar intensos aclareos tempranos en las masas de coníferas.

CTFT 1977 (?). *Projet de plantation du framiré en mélange avec d'autres essences (fraké, samba, cedrela, ou cordia). Proposé à la Direction de reboisement de la SODEFOR.* CTFT Division d'entomologie et de pathologie forestières (unpublished).
CTFT: Ordenación, regeneración, espaciamiento.
Se ha comprobado que el crecimiento de *Terminalia ivorensis* es más satisfactorio cuando la distancia entre los árboles es amplia. Se han ensayado diversas mezclas para mantener la rentabilidad.

CTFT 1991. *Essais: Composition de peuplement "mélange d'essences"* (Experiments: Mixed stands). Unpublished. CTFT, Nogent-sur-Marne.
Africa occidental (+ Madagascar, Guyana Francesa y Nueva Caledonia); ordenación, rendimientos.
Resumen de cada uno de los 63 experimentos (en curso o finalizados) realizados en su mayor parte en 8 países africanos francófonos.

Darrah, G.V. and Dodds, J.W. 1967. Growing broadleaved trees in mixture with conifers. Forestry 40 (2): 220-228. UK.
Reino Unido: Ordenación.
La compatibilidad entre especies, o procedencias, es importante para el éxito de una mezcla. Frecuentemente, el rendimiento de las masas de coníferas no es óptimo porque los aclareos se producen en momentos inadecuados, especialmente si la mezcla es incompatible.

Darroze, S. 1991. Personal communication.

Davidson, J. 1986. Underplanting, interplanting and buffer planting for forest plantations. Assistance to the Forestry Sector of Bangladesh. UNDP/FAO Project BGD/79/107. Working Paper 18.
Bangladesh: Ordenación.
Se propugna la plantación de cultivos bajo la cubierta de copas. Se ofrecen ejemplos de leguminosas establecidas de forma satisfactoria. Se recomiendan mezclas de dos especies con una leguminosa.

Dawkins, H.C. 1949. Timber planting in the *Terminalia* woodland of Northern Uganda. Empire Forestry Review 28 (3): 226-246.
Uganda: Ordenación.
Establecimiento de *Ccholorophora excelsa* y *Khhaya grandifoliola* en una matriz de *Phyllanthus discoideus* y *Gmelina arborea*. Análisis de la sucesión ecológica en un lugar seco (la estación seca tiene una duración de cinco meses), desde la *Terminalia*, propensa a los incendios, a diversas especies poco resistentes al fuego, como *Entandrophragma angolense*.

Dawson, J.O., Dzialowy, P.J., Gertner, G.Z. and Hansen, E.A. 1983. Changes in soil nitrogen concentration around *Alnus glutinosa* in a mixed, short-rotation plantation with hybrid *Populus*. Canadian Journal of Forest Research 13 (4): 572-576.
Estados Unidos: Suelos.
En una plantación mezclada de cuatro años de edad, la aportación de N era mayor cuando la mezcla de aliso y álamo se realizaba en una proporción de 1:1, menor cuando la proporción de la mezcla era de 2:1 y todavía más reducida cuando la proporción era de 3:1. Se piensa que el aumento inicial de N en el suelo es consecuencia del estrés provocado por la competencia, debido a la sombra proyectada por los álamos o a las sustancias químicas liberadas por los mismos.

DeBell, S.D., Whitesell, C.D. and Schubert, T.H. 1985. Mixed plantations of Eucalyptus and leguminous trees enhance biomass production. Research Paper PSW-175. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US Dept. of Agriculture, pp 6.
Hawai: Rendimiento. Suelos.
Se plantaron especies fijadoras del nitrógeno, *Acacia melanoxylon* y *Albizia falcataria*, en mezclas en línea de *Eucaliptus grandis* y *E. saligna*. A los 65 meses, el crecimiento en altura del eucalipto era mayor en las mezclas con *Albizia*. En las mezclas había aumentado la concentración foliar de nutrientes y había disminuido el volumen de nutrientes del suelo.

DeBell, D.S., Whitesell, C.D. and Crabb, T.B. 1987. Benefits of *Eucalyptus-Albizia* mixtures vary by site on Hawaii Island. Research Paper PSW-187. Berkeley, CA. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US Dept. of Agriculture, pp 5.
Hawai: Rendimiento. Ordenación.
Aplicación de fertilizante inorgánico en plantaciones puras y mezcladas. La introducción de *Albizia falcataria* en plantaciones de *Eucaliptus saligna* permitió aumentar el crecimiento del eucalipto en los dos lugares más húmedos, pero no en los dos más secos. En un lugar se produjo el fracaso de *Albizia*, fracaso que ha de atribuirse a la escasez de precipitaciones. Puede sustituirse *Albizia* por *Acacia mangium*.

DeBell, D.S., Whitesell, C.D. and Schubert, T.H. 1989. Using N_2-fixing Albizia to increase growth of Eucalyptus plantations in Hawaii. Forest Science 35 (1): 64-75.
Hawai: Suelos. Rendimiento.
En las mezclas con un 11 y un 25% de Albizia, el rendimiento disminuyó hasta el 29% en comparación con las masas puras de eucalipto (94 t/ha en materia seca) con importantes dosis de fertilizantes; al aumentar el porcentaje de Albizia, los rendimientos se incrementaron hasta un 12% Pero incluso en la parcela con el rendimiento más bajo (67 t - 11% de Albizia) éste era mayor que en las masas puras de eucalipto (en zonas ajenas al experimento) en las que se aplicaba una dosis normal de fertilizante (rendimiento de 44 t).

Delwaulle, J.C. 1989. *Plantations clonales au Congo. Point des recherches sur le choix des clones dix ans après les premières plantations.* In: Gibson, G.L., Griffin, A.R. and Matheson, A.C. (eds). Proceedings of a Conference on Breeding Tropical Trees: Population Structure and Genetic Improvement Strategies in Clonal and Seedling Forestry, held in Pattaya, Thailand, 28 November - 3 December 1988. IUFRO WPs S2.02-08 and S2.02-09. Oxford Forestry Institute, UK. 431-434.
Congo: Ordenación.

Delvaux, J. 1971. (Pure or mixed stands.) Bull. Soc. For. Belg. 78 (4): 183-197.
Reviewing article.
Examen general de las ventajas y desventajas de las masas puras y mezcladas.

Deventer, A.J. van. 1913. *Gemengde djatibosschen (prae-advies).* Mixed teak forests (proposals).) Tectona 6: 273-293. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 600.
Indonesia: Suelos.
En una plantación de teca, el cultivo protector debe servir para proteger el suelo, ha de tolerar la sombra, no crecer nunca por encima de la teca y rendir un producto que sea comercializable. A estos efectos, se recomienda *Schleichera oleosa.*

Donaubauer, E. 1991. Plantation Management: Aspects of Resistance and Resilience to Pests, Diseases and Abiotic Factors. Unpublished report for FAO.
General: Plagas y enfermedades.
Examen de la bibliografía.

Dransfield, J. 1977. *Calamus caesius and C. trachycoleus compared.* Gardens' Bulletin, Singapore 30: 75-78.
Indonesia: Ordenación.
Calamus caesius, especie de rotén, se puede cosechar completamente en dos ocasiones, a los 7-10 años y cuatro años más tarde, antes de que se produzca el agotamiento total. Ello se adecúa perfectamente al sistema de cultivo intinerante en el que se necesitan al menos 14 años de barbecho. Ahora bien, si se realiza una corta de entresaca, la vida de la planta es mucho más larga. *C. trachycoleus* tiene estolones más largos y, por consiguiente, se establece por sí sola.

Dransfield, J. 1988. Prospects for rattan cultivation. Advances in Economic Botany 6: 190-200.
Malasia/Indonesia: Ordenación. Rendimiento: Aspectos económicos.
Cuando la sombra es intensa disminuye el crecimiento pero los espacios internodales son más largos, lo cual es un rasgo favorable. Las cañas pueden cultivarse en el bosque secundario, en las plantaciones de caucho de baja calidad o bajo una cubierta de pinos.

Duff, A.B., Hall, R.A. and Marsh, C.W. 1984. A survey of wildlife in and around a commercial tree plantation in Sabah. The Malaysian Forester 47 (3): 197-213.
Malasia (Sabah): Fauna silvestre.
Es posible reducir los daños causados a la fauna silvestre separando los bosques naturales y las plantaciones o plantando especies poco apetitosas en el límite del bosque natural. Los islotes de bosques naturales son beneficiosos para los depredadores. La población de mamíferos es mayor cuando existe cubierta vegetal.

Dunikowski, S. 1991. *Protection des forêts contre les agressions biotiques et abiotiques.* Position Paper, Theme 4, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings, Vol.2: 285-290.
General: Medio ambiente.

Es necesario transformar las masas puras de coníferas, que pueden resultar dañadas como consecuencia de la contaminación atmosférica, en masas mezcladas con un porcentaje más elevado de especies de frondosas.

Dupuy, B. 1985. *Plantations à vocation de bois d'oeuvre et associations d'espèces en mélange: objectifs et contraintes sylvicoles.* CTFT, Côte d'Ivoire (unpublished).
Côte d'Ivoire: Ordenación, rendimientos.

Dupuy, B. 1986. (The main silvicultural rules for timber production plantations.) CTFT, Côte d'Ivoire (unpublished draft).
Côte d'Ivoire: Ordenación.
Puede establecerse una distinción entre las mezclas que están formadas por una especie principal y otra que cumple una función auxiliar y aquéllas que están formadas por especies de la misma importancia silvícola. Se analizan diversas asociaciones y sistemas.

Dupuy, B. 1989a. *Etude de mélange: Gmelina arborea/Acacia auriculiformis.* CTFT (unpublished).
Côte d'Ivoire: Ordenación.
Se ensayaron cuatro mezclas de *G. arborea/A. auriculiformis* con un 50, 33, 20 y 10% de acacias. La *Gmelina* superó en crecimiento a las acacias excepto en la mezcla al 10%. En este tipo de mezcla se puede recolectar madera para leña al cabo de cinco o seis años, mientras que se permite que siga creciendo la especie dominante.

Dupuy, B. 1989b. *Sylviculture des peuplements en mélange fraké/framiré.* CTFT, Côte d'Ivoire (unpublished).
Côte d'Ivoire: Ordenación. Rendimiento.
Se compararon mezclas de *Terminalia ivorensis/Terminalia superba* al 50/50, 25/75 y 6/94% El porcentaje de la mezcla no parece afectar al crecimiento de ninguna de las dos especies. Los métodos silvícolas dependen de cuál sea la especie la que hay que favorecer en los aclareos.

Durigan, G. and de Souza Dias, H.C. 1990. *Abundancia e diversidade da regeneracao natural sob mata ciliar implaantada.* Instituto Florestal, Sao Paulo, Brazil. Mimeographed Paper presented to 6th Congresso Florestal Brasiliero
Brasil: Ordenación.
Regeneración bajo bosque ripícola plantado en 1973 (de 17 años de edad) en Candida Mota-SP. Se habían plantado 150 especies y otras 41 se habían regenerado de forma natural. Sólo algunas de las especies plantadas se regeneraron, siendo algunas de ellas exóticas. Generalmente, en la regeneración la diversidad de especies era reducida, y se manifestó una tendencia hacia el bosque homogéneo en la siguiente fase de la sucesión.

Durigan, G. and Nogueira, J.C.B. 1990. *Recomposicao de matas ciliares.* Instituto Florestal Serie Registros, Sao Paulo 4: 114.
Brasil: Ordenación.
Se enumeran especies idóneas para crear bosques naturales en las orillas de los ríos y se clasifican en función de sus requisitos ecológicos y de su posición en la sucesión ecológica.

Earl, D.E. 1968. Latest techniques in the treatment of natural high forest in South Mengo District. Paper to 9th Commonwealth Forestry Conference, India.
Uganda: Ordenación.
Quema de carbón vegetal como instrumento de ordenación del bosque natural.

Eidmann, F.E. 1932. *Het onderplantingsvraagstuk van den djati.* (The problem of underplanting teak.) Korte Meded. B.P.S. 27 and Tectona 25: 671-690, 1628-1682.

Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982, Abstract 1984.
Indonesia: Ordenación.
Se cree que sólo existe una forma de realizar con éxito una repoblación bajo una cubierta de teca: llevar a cabo aclareos regulares intensos para conseguir la apertura de la cubierta de vuelo y, al mismo tiempo, introducir una especie ombrófila, que arraigue profundamente y que produzca madera valiosa.

Evans, J. 1975. Two rotations of *Pinus patula* in the Usutu forests, Swaziland. Commonwealth Forestry Review 54 (1): 69-81.
Swazilandia: Rendimiento.
Se observó un ligero incremento del rendimiento en la segunda rotación, que se atribuyó a las precipitaciones por encima de la media y a una menor competencia de las herbáceas en el momento del establecimiento.

Evans, J. 1978. A further report on second rotation productivity in the Usutu forest, Swaziland - results of the 1977 reassessment. Commonwealth Forestry Review 57 (4): 253-261.
Swazilandia: Rendimiento.
La precipitación media era de 1 230 mm. El comienzo tardío de las lluvias de primavera en 1974-6 se dejó sentir sobre las tasas de crecimiento (se señaló una cierta mortalidad producida por la sequía). Se examinan los datos relativos a los rendimientos obtenidos en la segunda rotación o posteriormente.

Evans, J. 1987. Site and species selection - changing perspectives. Forest Ecology and Management 21: 299-310.
Los trópicos: Ordenación. Rendimiento
Se examina la necesidad de utilizar especies apropiadas, teniendo en cuenta también su uso final. Se analizan las especies utilizadas en las plantaciones de los trópicos (excluida China meridional) por orden de frecuencia.

Evans, J. 1988. The Usutu forest: 20 years later. Unasylva 159 (40): 19-29.
Swazilandia: Rendimiento. Ordenación.
Las lluvias escasas de 1958-65 y 1978-82 son un factor de confusión a la hora de comparar los rendimientos. Las pérdidas de fertilidad pueden deberse a la disminución de nutrientes derivada de la remoción de biomasa, a la alteración de las características del suelo o a la compactación y erosión producidas por las operaciones de extracción. El 15% de la superficie corresponde a formaciones rocosas de tipo gabro donde las reservas de fosfato pueden haberse agotado por completo.

Evans, J. 1990. Long-term productivity of forest plantations - status in 1990. Proceedings of IUFRO XIX World Congress, Montreal. Vol. 1: 165-181.
Los trópicos: Ordenación, suelos.
Examen de los rendimientos obtenidos en las últimas rotaciones.

Ewel, J.J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. Annual Review of Ecology and Systematics 17: 245-271.
Los trópicos: Suelos.
Examen general de la bibliografía. Las especies que arraigan a gran profundidad incrementan el volumen de suelo explotado. En determinados casos, las especies fijadoras del nitrógeno utilizan ellas mismas el N y sólo lo aportan al caer las hojas. La materia orgánica representa hasta el 50% del P total en el horizonte superficial de los suelos tropicales.
El P orgánico circula rápidamente.

FAO. 1988. An interim report on the state of forest resources in the developing countries. Forestry Department FO:MISC/88/7, FAO, Rome.
Los trópicos: Ordenación.
Análisis de los tipos de bosques y plantaciones en 1980 con estimaciones de plantación para el período comprendido entre 1981 y 1985.

FAO, 1991a. Exotic aphid pests of conifers: A crisis in African forestry. Workshop Proceedings, FAO/Kenya Forestry Research Institute, junio de 1991

FAO, 1991b. *Les plantations à vocation de bois d'oeuvre en Afrique intertropicale humide.* Estudio FAO Montes 98.
Africa occidental: Ordenación.
Manual de silvicultura que incluye un capítulo dedicado a las mezclas de especies.

Farrichon, V. 1987. *Résultats des études menées au projet AFRI d'avril 1986 à mai 1987. Comparaison de deux espèces d'eucalyptus (E. tereticornis et E. torelliana) utilisées au projet AFRI.* CTFT (no publicado).
Togo: Rendimiento.
En una mezcla en líneas de *E. tereticornis* y *E. torreliana, E. tereticornis* ha resultado ser la especie más competitiva.

Ferguson, I.S. 1983. Plantation Management in Australia. *New Zealand* Journal of Forestry 28 (3): 327-338.
Australia: Ordenación.
Análisis de la política forestal nacional en relación con el establecimiento de plantaciones y la necesidad de conocer las cuestiones relativas a la comercialización; incluye una enumeración de cultivos arbóreos en diferentes zonas.

Ferguson, J.H.A., Hellinga, G. and Alphen de Veer, F.J. van. 1949. *Eenige gedachten over de Pinus kultur in Indonesie.* (Some ideas about the cultivation of pines in Indonesia.) Tectona 39: 383-387. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 584.
Indonesia: Ordenación, cultivos protectores.
Para evitar los riesgos que entrañan las plantaciones puras cuando se establecen plantaciones de *Pinus merkusii*, se examina la mezcla con *Swietenia macrophylla* en las zonas llanas y con *Agathis loranthifolia* en las montañas, cuando los suelos no son demasiado pobres.

Florence, R.G. 1967. Factors that may have a bearing upon the decline of produtivity under forest monoculture. Australian Forestry 31: 51-71.
General: Suelos.
Análisis de factores que pueden provocar una disminución de la productividad a largo plazo.

Florence, R.G. and Lamb, D. 1974. Influence of stand and site on Radiata pine litter in South Australia. New Zealand Journal of Forest Science 4(3): 302-310.
Australia: Suelos.
Se señala que la acumulación de hojarasca depende más del tipo de suelo y de la tasa de descomposición que de la calidad del lugar y del ritmo de caída de la misma.

Francis, P.J. and Shea, G.M. 1987. Management of tropical and sub-tropical pines in Queensland. In: Forest Management in Australia; Proceedings of a Conference of the Institute of Foresters of Australia pp 273-280.
Australia: Ordenación.

Franzini, F. 1957. *Les reboisements artificiels dans les savanes de la région de Pointe Noire.* (Afforestation of savannah land in the Pointe Noire region.) Bois et forêts des tropiques 53: 25-32.
Congo: Ordenación.

Se describen experimentos de forestación de sabanas con *Eucalyptus saligna, Eucalyptus camaldulensis* y *Casuarina equisetifolia*.

Friedrich, J.M. and Dawson, J.O. 1984. Soil nitrogen concentration and *Juglans nigra* growth in mixed plots with nitrogen-fixing *Alnus, Elaeagnus, Lespedeza* and *Robinia* species. Canadian Journal of Forest Research 14 (6): 864-868.
Estados Unidos: Suelos.
En una plantación de 14 años de edad, con espaciamientos de 3,74x4,9 y 9,8 m, la concentración más elevada de N en el suelo en una capa superficial de 30 cm se produjo bajo *Elaeagnus* en el espaciamiento más reducido y en ambos tipos de espaciamiento de *Robinia* (anillada). La concentración de nitrógeno en el suelo no guardaba una estrecha relación con el área basimétrica del nogal.

Friend, G.R. 1980. Wildlife conservation and softwood forestry in Australia: some considerations. Australian Forestry 43 (4): 217-224.
Australia: Fauna silvestre.
Las plantaciones de radiata son hábitats especializados simplificados. Están empobrecidos porque carecen de diversidad de vida silvestre. Las plantaciones afectan menos, e incluso favorecen, a aquellas especies de animales que no tienen exigencias especiales. Se examinan medidas para contrarrestar dicho empobrecimiento.

Frivold, L.H. 1982. *Blandningsskogens status i europeiskt skogsbruk.* (Status of mixed forests in European forestry.) Tidsskrift foer skogsbruk 90 (3): 250-261.
Europa: Artículo de análisis.
Las investigaciones realizadas sobre el "efecto de la mezcla de especies" no pueden descartar las diferencias en cuanto al sitio. Merecen atención las investigaciones que apuntan la conclusión de que los monocultivos de abetos producen degradación del suelo. La experiencia indica que determinadas mezclas producen madera de calidad. Las masas puras pueden ser más sensibles a las calamidades que las masas mezcladas. A este respecto, también es importante el vigor de los árboles. Probablemente, las masas mezcladas son más resistentes al viento.

Frivold, L.H. 1985. Mixed broadleaved stands - some silvicultural considerations. In: Broadleaves in Boreal Silviculture - An Obstacle or an Asset? Swedish University of Agricultural Sciences, Report 14.
Bosques boreales: Artículo de análisis.
No puede descartarse un "efecto de mezcla de especies". Probablemente, dicho efecto no tiene una gran importancia. Son escasos los datos acerca de la relación existente entre estabilidad y diversidad. En algunos casos, las masas mezcladas son más estables que las masas puras. Existen datos contradictorios respecto a los conceptos de sostenibilidad y masas mezcladas.

Garrido, M.A. and Poggiani, F. 1979. *Caracteristicas silviculturais cinco species indigenas plantdas em provoamentos puros e mistos.* (Silvicultural characteristics of five indigenous species in pure and mixed stands.) Silvicultura em Sao Paulo 13/14 pp 33-44.
Brasil: Ordenación.
Se ofrecen estadísticas de crecimiento para un período de cinco años de las especies *Piptadenia macrocarpa, Astronium urundura, Moquinia polymorpha, Colubrina rufa* y *Tabebuia impetiginosa*, tanto puras como mezcladas. El dap y el crecimiento en altura de *P. macrocarpa* eran mayores que los del conjunto de la mezcla. De entre las diversas especies, sólo *C. rufa* y *T. impetiginosa* crecían mejor cuando formaban parte de una mezcla.

Geldenhuys, C.J. 1975. *Die kunstmatige verstiging van inheemse bos in die Suid-Kap.* (The artificial establishment of indigenous forest in the southern Cape.) Bosbou in Suid Afrika 16: 45-53.
Africa austral: Ordenación.
Se utilizó el sistema taungya para establecer diez especies del bosque autóctono de el Cabo. El número de pies y su supervivencia era más elevado que en un bosque de producción de las proximidades.

Geep, B.C. 1976. Bird species distribution and habitat diversity in an exotic forest in south Australia. Australian Forestry 39 (4): 269-287.
Australia: Fauna silvestre.
Comparación de plantaciones de pinos, bosques autóctonos y praderas como hábitats de aves. En el interior de plantaciones donde no se habían realizado aclareos la diversidad era menor. El número de especies de las plantaciones es idéntico al de las formaciones autóctonas. La variedad del paisaje parece proporcionar nichos suficientes para la mayor parte de las especies de la zona.

Geep, B. 1985. Values of wildlife in forest plantations in the tropics and southern hemisphere. In: Wildlife Management in the Forests and Forestry Controlled Lands in the Tropics and Southern Hemisphere, ed J. Kikkawa. IUFRO Workshop held at University of Queensland, Australia.
General: Fauna silvestre.
Las condiciones en las plantaciones varían. La fase de latizo (aproximadamente cuando ha transcurrido el 20% de la rotación) es la más uniforme y la menos propicia para la vida silvestre. En las plantaciones, la fauna silvestre prefiere las zonas con regeneración autóctona. El mantenimiento de islotes o de un mosaico de especies nativas es de gran utilidad. El establecimiento de plantaciones en praderas y explotaciones puede aumentar la diversidad.

Gibson, I.A.S. and Jones T. 1977. Monoculture as the origin of major forest pests and diseases, especially in the tropics and southern hemisphere. Origins of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems, Cherrett, J.M. and Sagar, G.R. eds., Blackwell, Oxford (UK), pp 139-161.
General: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
En los monocultivos, las enfermedades son más numerosas en el caso de las especies que crecen en su territorio autóctono que en el de las especies exóticas. El establecimiento de plantaciones forestales permite destinar más fondos que otros tipos de actividades silvícolas a las medidas de protección.

Gilmour, D.A., Ingles, A. and Maharjan, M.R. 1989. Preliminary harvesting guidelines for community forests in Sindhu Palchok and Kabhre Palanchok. Technical Note 2/89, Nepal Australia Forestry Project, Kathmandu 9 p.
Nepal: Ordenación, aspectos sociales.
Prescripciones para la ordenación por las comunidades aldeanas del monte bajo con resalvos y del bosque denso de una sola y de varias especies, incluidas mezclas de pinos y frondosas.

Gilmour, D.A., King, G.C., Applegate, G.B. and Mohns, B. 1990. Silviculture of plantation forest in central Nepal to maximise community benefits. Forest Ecology and Management 32: 173-186.
Nepal: Ordenación. Rendimientos. Aspectos sociales.
Ensayo de técnicas de ordenación para plantaciones de *Pinus roxburghii* en las que se han regenerado especies mezcladas de frondosas (predominantemente *Schima wallichii*). El objetivo es idear técnicas que permitan obtener un rendimiento sostenible de productos que necesitan los habitantes de las aldeas.

Gonggrijp, L. 1929. *Doelbewuste kunstmatige menging van djati en wildhout.* (Artificial mixing of teak with other trees.) Tectona 22: 1287-1294. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 592.
Indonesia: Aspectos económicos.
El autor cree que no se ha demostrado la necesidad de las mezclas de especies y que no se ha prestado la debida atención a sus aspectos económicos.

Graham, R.M. 1945. Notes on the growing of cypress timber on farms. East Africa Agricultural Journal 11: 132-139.
Kenya: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Se considera que *Grevillea robusta* es una especie apropiada para constituir una mezcla con *Cupressus macrocarpa*. Dicha mezcla tiene por objeto evitar los riesgos asociados a los monocultivos, tales como la degradación del suelo, las plagas y enfermedades.

Graham, R.M. 1949. Plantations management order no. 5 *Grevillea robusta.* Forest Department, Colony and Protectorate of Kenya.
Kenya: Ordenación.
Se han realizado numerosas mezclas de *Grevillea robusta* con cipreses y otras especies. Merece la pena cultivar *Grevillea* por su valor intrínseco. Se sugiere un método adecuado.

Granert, W.G. and Cadampog, Z. 1980. *Leucaena* as a nurse tree. Leucaena Newsletter 1: 21.
Filipinas: Ordenación.
Plantación de teca y caoba (*Swietenia macrophylla*) con *Leucaena leucocephala*. No se observó repercusión alguna en el crecimiento de la teca, aunque se consideró que los árboles de esta especie crecían más erectos. Tampoco se señaló ninguna mejora en el crecimiento de la caoba, pero se redujo la incidencia de los ataques del barrenador contra *Leucaena leucocephala*.

Gray, B. 1972. Economic tropical entomology. Annual Review of Entomology 17: 313-353.
Los trópicos: Plagas.

Grijpma, P. 1973. Immunity of *Toona ciliate* Roem. var australis (F.v.M) C.D.C. and *Khaya ivorensis* A. Chev. to attacks of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Turrialba, Costa Rica. In: Studies on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae Vol. 1 Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) Misc. Pub. 101 pp 18-25.
Los trópicos: Plagas.
H.grandella (Nuevo Mundo) y *H.robusta* (Viejo Mundo) parecen atacar específicamente en las meliáceas autóctonas; en este sentido, son excepciones *Swietenia macrophylla* en la India y Sri Lanka y *Khhaya ivorensis* en la Martinica.

Grijpma, P. and Ramaldo, R. 1973. *Tonna spp posibles alternativas para el problema del barrendor Hypsipyla grandella de los meliaceae en America Latina.* In: Studies on the Shootborer *Hypsipyla* (Zeller) Lep. Pyralidae Vol. 1 Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) Misc. Pub. 101 pp 3-17.
América Central: Plagas.
T. ciliata, aunque es objeto de intensos ataques de *H.robusta* en Australia, no es atacada por *H.grandella* en Costa Rica.

Groulez, J. 1975. *Notes sur les plantations de conversion dans les forêts tropicales humides.* (A note on conversion plantations in moist tropical forests.) Bois et forêts des tropiques 162: 3-26.
Los trópicos: Ordenación.

Se analizan las ventajas e inconvenientes de la sustitución del bosque natural por plantaciones y, a pesar de los problemas de costos y la falta de rentabilidad, la experiencia se considera prometedora; 26 000 ha de *Aucumea klaineana* en el Gabón, 6 000 ha de *Terminalia superba* en el Congo y 50 000 ha de *Gmelina* en el Brasil.

Grutterink, B.J. 1930. *Verslag van de excursie op 21 maart 1930 naar de boscamplexen Watoetoetoek, Pantodomas en de sagerij Sapoeran der Firma J.v.d. Welle.* (Report of the excursion on 21 March 1930 to Watoetoetoek and Pantodomas forest complexes and the Dapuran sawmill of the firm and Pantodomas forest complexes and the Dapuran sawmill of the firm J.v.d. Welle.) Tectona 23: 633-640. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 593.
Indonesia: Suelos.
Desde el punto de vista hidrológico son preferibles las mezclas de especies que toleran la sombra. Si se plantan especies de luz no se constituirá un bosque de protección.

Guizol, P. 1985. *Les plantations mélangées.* Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, France, pp 18.
Francia: Ordenación.
Estudio de las masas forestales mezcladas en Francia. Se enumeran las ventajas de las mezclas y se recomiendan mezclas adecuadas.

Guizol, P. 1983/85. *Les plantations mélangées* (Mixed plantation). Elève-ingénieur civil des forêts, Promotion. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts.
Francia: Ordenación.
Estudio de las masas forestales mezcladas en Francia. Se realizan comparaciones para descubrir qué mezclas dan los mejores resultados. Se examinan los objetivos de las mezclas de especies.

Hägg, A. 1988. *Loensamheten av bjoerkinblandning i barrskog.* (The profitability of a birch admixture in coniferous forests.) Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report No. 208.
Suecia: Aspectos económicos.
Es beneficioso conservar el abedul para incrementar la densidad de la masa. Si se añaden abedules aumenta la calidad de los pinos. Puede incrementarse la extracción selectiva de abedules en las masas maduras. Los costos que ello implica se compensan con la reducción de los gastos de mantenimiento en el futuro.

Hägg, A. 1989. *Bjoerkens inverkan paa tallens grengrovlek och grenrensning i blandade bestaand.* (The influence of the birch upon the branch diameter and the self-pruning of pine trees in mixed stands.) Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report No. 208.
Suecia: Ordenación. Aspectos económicos.
El incremento de la densidad de la masa causado por la regeneración natural del abedul hace disminuir el diámetro de las ramas de la primera troza. Si se conservan los abedules tras las operaciones de limpia dicho efecto se refuerza y aumenta la poda natural.

Hägg, A. 1990. *Loensamheten av att anvaenda sjaelvfoeryngrad bjoerk foer kvalitetsdaning av planterad tall.* (The profitability of using self-regenerated birch for shaping the quality of the planted pine.) Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report No. 214.
Suecia: Aspectos económicos. Ordenación.
El diámetro de las ramas de los pinos no depende de las mezclas sino de la densidad de la masa. Se realizan comparaciones conservando 1 400 y 7 900 abedules/ha. Los

cálculos muestran que es rentable conservar el abedul y que la rentabilidad aumenta aplicando fertilizantes a partir de los 50 años. Para que el régimen de mantenimiento de 7 900 abedules sea el más rentable, debe producir un 38% más de madera de primera calidad.

Hansen, E.A. and Dawson, J.O. 1982. Effect of *Alnus glutinosa* on hybrid *Populus* height growth in a short rotation intensively cultured plantation. Forest Science 28 (1): 49-59.
Estados Unidos: Rendimiento. Suelos.
En una mezcla en líneas de tres años de edad, la altura del álamo aumentó con la proximidad del aliso y disminuyó a medida que aumentaba la distancia entre las dos especies. En una masa forestal contigua, se produjo un significativo aumento de N hasta una distancia de 15 cm de los fustes de aliso.

Harencarspel, W. van 1908. *Menging van lichtbehoeftige met sterk beschaudwende houtsoorten.* (The mixing of light-demanding tree species with tree species producing shade.) Tectona 1: 182-184. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982, Abstract 594.
Indonesia: Ordenación.
Es preferible la mezcla en grupos de *Cupressus* y *Casuarina* con especies que no alcanzan gran altura a la mezcla individual.

Harrington, C.A. 1982. Sitka alder, a candidate for mixed stands. Canadian Journal of Forest Research 12 (1): 108-111.
Canadá: Ordenación.
El análisis de la estructura de crecimiento en altura (máx. 5m en 14 años) indica que *Alnus sinuata* puede ser una especie protectora adecuada para *Pseudotsuga menziesii*, pero en los lugares de poca calidad es aconsejable realizar plantaciones previas de *P.menziesii*.

Hart, H.M.J. 1931a. *Gemengde djaticulturen, deel I+II.* (Mixed teak plantations Part I and II.) Meded. P.v.h.B. 24: pp 170 (part I) and pp 400 (part II). Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982, Abstract No. 602.
Indonesia: Ordenación. Suelos.
Se establece la conclusión de que la mezcla sólo es favorable en circunstancias especiales. En la mayor parte de los casos examinados el resultado de la mezcla era desfavorable.

Hart, H.M.J. 1931b. *Gemengde djaticulturen.* (Mixed teak plantations (proposal).) Tectona 24: 88-107. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 603.
Indonesia: Ordenación.
Una gran parte de los supuestos efectos benéficos de la mezcla de especies han demostrado ser infundados. El cultivo intenso del suelo estimula el crecimiento de los árboles jóvenes de teca. La intercalación de leucaena puede tener el mismo efecto.

Hart, H.M.J. 1931c. *Gemengde djaticulturen.* (Mixed teak plantations (explanation and discussion).) Tectona 24:488-511. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 604.
Indonesia: Ordenación.
Cuanto más pobre es el suelo más negativa es la influencia de la mezcla. La poda natural es mejor en las plantaciones puras de teca.

Hart, H.M.J. and Noltée, A.C. 1927. *Verjonging en verpleging van den djati.* (Regeneration and tending of teak.) Tectona 20: 199-213. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 568.
Indonesia: Ordenación.
Estudio histórico de las técnicas de regeneración de la teca.

Hasan, S.M., al Saraf, M.J. and Khalil, M.T. 1980. (Comparative studies on the growth of *Pinus brutia* in pure and mixed plantations.) Mesopotamia Journal of Agriculture (from Forestry Abstracts Vol. 42 2949).
Iraq: Rendimiento.
Comparación de una masa pura de *Pinus brutia* con una masa de *P.brutia* intercalada con *Acacia farnesiana*. Después de tres temporadas de crecimiento, el crecimiento en altura era notablemente mayor en el rodal mezclado.

Heald, R.C. and Haight, R. 1979. A new approach to uneven-aged silviculture and management of mixed conifer-oak forests. California Agric. 33 (5): 20-22.
Ordenación.
Se presenta un método de identificación de tipos de vegetación. La ordenación tiene por objeto el mantenimiento de dichos tipos.

Heilman, P. and Stettler, R.F. 1985. Mixed short rotation of red alder and black cottonwood: Growth, coppicing, nitrogen fixation and allelopathy. Forest Science 31 (3): 607-616.
América del Norte: Suelos. Rendimiento.
Este estudio no puede descartar los efectos beneficiosos de la mezcla con aliso rojo.

Henry, P.W.T. 1960. The Akilla plantation. Inform. Bull. Dep. For. Res. Nigeria 9: 1-4.
Nigeria: Ordenación.
De las especies ensayadas para su plantación en el bosque hidrofítico tropical de tierras bajas, el mayor éxito se ha alcanzado con *Nauclea diderichii*, pura o en una mezcla de 5/1 con *Meliaceae*.

Heybroek, H.M. 1980. Monoculture versus mixture: Interactions between susceptible and resistant trees in a mixed stand. In: Resistance to diseases and pests in forest trees, Proceedings of the Third International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry, Wageningen, September 1990. PUDOC, 1982, pp 20.
General: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Puede ser eficaz mezclar huéspedes y no huéspedes de enfermedades, pero como ello implica frecuentemente la mezcla de especies, puede entrañar problemas de tipo silvícola. La mezcla de genotipos es un mal sustitutivo del mejoramiento para conseguir mejores condiciones de resistencia.

Heybroek, H.M. and Tol, G. van 1985. Experiences with genetically mixed forest plantations in the Netherlands. Forest Ecology and Management 12: 155-162.
Países Bajos: Ordenación.
Es difícil mantener las mezclas a lo largo de las rotaciones, pues frecuentemente dejan paso a masas forestales más o menos puras, o a mosaicos. En la silvicultura clonal, es preferible un mosaico de masas puras a las mezclas individuales.

Hirano, R.T. 1990. Propagation of *Santalum,* Sandalwood tree. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 43-45.
Hawai: Ordenación.
Breve descripción del comercio de sándalo en Hawai y algunas notas sobre las prácticas de los viveros.

Ikemori, Y.K. 1990. Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden raised from micro-propagation, macro-propagation and seed: D. Phil. thesis, University of Oxford (UK).
Brasil: Rendimientos.
El rendimiento medio ha aumentado de 30 a 45 m^3/ha/año y se prevé que alcanzará los 55m^3. El consumo de madera debe reducirse de 4,2m^3/t de pasta a 3,7m^3.

Indian Forest Service 1934. Fourth Silvicultural Conference, Item 8. Dehra Dun, India.
India: Ordenación.
Documento que estudia con detalle las plantaciones mezcladas.

Indian Forest Service 1939. Fifth Silvicultural Conference, Item 14, Dehra Dun.
India: Ordenación.
En este documento figura uno de los análisis más pormenorizados sobre el tema que hayamos encontrado.

Ingles, A. 1990. Demonstration of forest management options in shrublands and mixed pine-broadleaf forests. Discussion Paper of Nepal-Australia Forestry Project, Kathmandu. pp 47.
Nepal: Aspectos sociales. Ordenación. Rendimiento.
Se sugieren diversas opciones de ordenación para diferentes tipos de vegetación.

Ishibashi, H. 1987. The development and problems in the anti-erosion plantations in Japan. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchanstalt, Wien, No. 138.
Japón: Suelos.
En las terrazas se planta una mezcla de *Pinus thunbergii* y *Alnus pendula*. En algunas zonas de gran extensión han surgido masas forestales en las que escasean (o faltan por completo) los pinos, que producen erosión y que necesitan un tratamiento intensivo; se describe el régimen.

Japing, H.W. about 1931. *Het verjongingsonderzoek van sandlhout (Santalum album) op Jawa.* (Research on the regeneration of sandalwood *(Santalum album)* in Java. Unpublished. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstracts 638.
Indonesia: Ordenación.
Breve presentación de los ensayos realizados para el establecimiento del sándalo con otras especies.

Jones, A.D., Davies, H.I. and Sinden, J.A. 1990. Relationships between eucalypt dieback and land use in southern New England, New South Wales. Australian Forestry 53 (1): 13-23.
Australia: Aspectos ambientales: plagas y enfermedades.
Análisis de una serie cronológica de fotografías aéreas utilizando asociaciones en tablas múltiples. No fue posible establecer una relación clara entre el incremento de la diversidad de especies y la reducción de la marchitez.

Jones, E.W. 1945. Structure and reproduction of the virgin forests of the north temperature zone. New Phytologist 44: 130-148.
Zona septentrional templada: Ecología.

Jones, E.W. 1965. Pure conifers in central Europe - A review of some old and new work. Journal of Oxford University Forestry Society 13: 3-15.
Europa: Ordenación.
Se examinan diversos trabajos de importancia sobre el tema.

Jones, P.D. and Wigley, T.M.L. 1990. Global warming trends. Scientific American 263 (2): 66-73.
General: Medio ambiente.

Un modelo matemático del "efecto de invernadero" ha establecido que en el último siglo el calentamiento debe de haber sido de entre 0,5 y 1,3°C y que será de +3,4°C para el año 2050. El modelo no concuerda exactamente con los hechos conocidos: período 1920-40, más cálido de lo previsto; período 1940-70, más frío.

Jonsson, B. 1961-62. *Om barrblandskogens produktion.* (Yield of mixed coniferous forests.) Meddelanden fran statens skogsforskningsinstitut, 50.
Suecia: Rendimiento.
Los resultados indican que las mezclas afectan al rendimiento. La repercusión es mayor en los lugares adecuados al *Pinus silvestris* y *Picea abies*. El efecto disminuye en ambas direcciones, hasta llegar a ser negativo.

Jordan, C.F. and Farnworth, E.G. 1982. Natural versus plantation forests. A case study of land reclamation strategies for the humid tropics. Environmental Management 6 (6): 485-492.
Puerto Rico: Rendimiento.
Al cabo de cuatro decenios, la productividad de la parcela de regeneración natural del experimento era más elevada o igual a la de la plantación.

Kaeokamnerd, W. 1991. Travel Report to People's Republic of China. Mimeographed, pp 60. UNDP/FAO/SIDA/RFD Project THA/86/016, Royal Forest Department, Bangkok.
China: Ordenación.
Se señalan mezclas de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. exserta* con *Acacia auriculiformis* en filas alternas para mejorar los suelos y el monte bajo.

Kageyama, P.Y., Biella, L.C. and Palermo, A. 1990. *Plantacoes mistas com species nativas fins de protecao e reservatorios.* Paper presented to 6th Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordao, Sao Paolo, Mimeograph 11 p.
Brasil: Ordenación.
Análisis de plantaciones mezcladas de un año de edad. Se relaciona el resultado del tratamiento silvícola y el crecimiento en altura con grupos ecológicos de la sucesión secundaria.

Kanowski, P.J. and Savill, P.S. with Adlard, P.G., Burley, J., Evans, J., Palmer, J.R., and Wood, P.J. 1990. Plantations forestry. World Bank Forestry Policy. Issues Paper. Oxford Forestry Institute.
General: Suelos. Medio ambiente, plagas y enfermedades.
El declive observado en el sur de Australia durante la segunda rotación se puede evitar mediante un tratamiento silvícola y un programa fitosanitario adecuados.

Kawahara, T. and Yamamoto, K. 1986. (Studies on mixed stands of akamatsu *(Pinus densiflora)* and hinoki *(Chamaecyparis obtusa)* (III) Stem volume of mixed stands.) Journal of Japanese Forestry Society 68 (8): 327-332.
Japón: Rendimiento.
La altura de Hinoki es igual en las masas forestales mezcladas y puras y el diámetro y el volumen total es mayor en las masas mezcladas que en las masas puras de cualquiera de las dos especies.

Kawahara, T., Sato, A., Takeuchi, I., Tadaki, Y. and Hatiya, K. (1981). Litter fall and its decomposition in a mixed stand of Japanese larch *(Larix loptolepis)* and hinoki *(Chamaecyparis obtusa)*. Bulletin Forestry and Forest Products Research Institute, Japan. No. 313: 79-91.
Japón: Suelos.
La descomposición de la hojarasca es más rápida en las mezclas que en cualquiera de las dos especies por separado.

Keating, W.G. 1981. Utilization of mixed species through grouping and standards. Australian Forestry 43 (4): 233-244.
Australia: Ordenación.
El autor recomienda la clasificación de la madera en grupos de resistencia basándose en las necesidades de materiales estructurales, para afrontar el problema de la comercialización de las especies mezcladas. Ello exige conocer bien las características de cada especie y contar con técnicas eficaces de clasificación.

Keeves, A. 1966. Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in the south east of South Australia. Australian Forestry 30: 51-63.
Australia: Rendimiento.
La primera rotación se taló a los 24,5 años después de un incendio y el aforo de la segunda rotación se realizó a los 9,5 años. En general, se produjo un descenso de 1,2 clases de calidad del sitio y, en ocasiones, hasta de cuatro clases.

Kelty, M.J. 1989. Productivity of New England hemlock/hardwood stands as affected by species composition and canopy structure. Forest Ecology and Management 28: 237-257.
Estados Unidos: Rendimiento.
La presencia de tsuga determinó una menor densidad de frondosas en las masas mezcladas (el 30%) así como un menor volumen (20%) e incremento (14%) de las frondosas a los cinco años. Aumentó la densidad total (65%), al igual que el volumen (27%) y el incremento (18%). Los beneficios, desde el punto de vista silvícola, consisten en mejores condiciones de regeneración y menos epicórmicos.

Kemp, R.H. 1992. The conservation of genetic resources in managed tropical forests. Unasylva 43 (169): 34-40.186.

Kenk, G.K. 1990a. The silviculture of mixed species stands in Germany. In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div. S2.01 Symposium, Edinburgh.
Alemania: Ordenación.
Es indispensable que los objetivos de la mezcla sean claros y que se conozcan los lugares y las tasas de crecimiento de las especies de las mezclas. Frecuentemente, se considera que el bosque ideal es el bosque entresacado, pero se sobreestiman sus posibilidades. Se identifican 672 tipos de masas mezcladas.

Kenk, G.K. 1990b. Effects of air pollution on forest growth in southwestern Germany - hunting for a phantom? Proceedings Div.2 XIX IUFRO World Congress. August 1990, Montreal. p 388-395.
Alemania: Rendimientos, enfermedades.
Observaciones sobre los rendimientos de masas forestales que sufren la decadencia de las copas y en las que los rendimientos pueden ser más elevados de lo previsto. Ello puede deberse a un incremento de la temperatura, del CO_2, de las precipitaciones o de la mineralización.

Kenward, R.E. 1990. Are tree species mixtures too good for grey squirrels? In: Ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div S2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido: Fauna silvestre.
Análisis del problema que plantea la ardilla gris en la silvicultura.

Kerr, G., Nixon, C.J. and Matthews, R.W. 1990. The silviculture and yield of mixed species stands: the UK experiences. In: ecology of Mixed Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div S2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido: Ordenación. Rendimiento.

Se cree que los cultivos protectores aumentan la rentabilidad y la flexibilidad en las tierras bajas. En las tierras altas, se han demostrado fuera de toda duda que reportan beneficios en determinados suelos. La mezcla de abeto con pino o alerce se recomienda en los suelos de los eriales montañosos con carencias nutricionales.

Kio, P.R.O. 1976. What future for natural regeneration of tropical high forest? An appraisal with examples from Nigeria and Uganda. Commonwealth Forestry Review 55 (4): 309-318.
Nigeria: Economía. Ordenación.
Se argumenta que la regeneración natural es más económica que el establecimiento de plantaciones (*Gmelina* en una rotación de 40 años), en las que hay que dar por supuesto el descenso del rendimiento en un 25% durante la segunda rotación.

Kolesnichenko, M.V. and Chumakov, V.V. 1973. Basis for selection of species for admixture in mixed plantations of Canadian poplar. Lesnoi Shurnal 16 (5): 12-16.
URRSS: Suelos, nutrientes.
Mientras que *Betula verrucosa, Sambucus racemosa* y *Ulmus pumila* var. *arborea* inhibían el crecimiento de los álamos, *Robinia pseudoacacia, Caragna arborescens, Lonicera tatarica, Alnus glutinosa, Cotinus coggyria* y *Fraxinus pennsylvanica* lo favorecían. Se sugiere la inclusión de especies inhibidoras (10-20%) para provocar una "reacción" en el álamo.

Kon, I. 1973. Growth of *Cryptomeria japonica* in mixture with *Pinus elliottii* var *elliottii* on the Arraial Estate, Parana, Brazil. Floresta 4 (2): 30-33.
Brasil: Rendimiento.
Observaciones sobre la situación de las especies al cabo de tres años.

Kormanik, P.P. 1979. Biological means of improving nutrient uptake in trees. In: the ecology of even-aged forest plantations. Ford, E.D., Malcolm, D.C. and Atterson, J. eds. Proceedings Div 1. IUFRO. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge.
General: Suelos, nutrientes.
Examen de la función fijadora del nitrógeno de determinados microorganismos y micorrizas.

Kramer, F. 1925. *Het verjongingsonderzoek van sandelhout (Santalum album) op Java.* (Research on the regeneration of sandalwood *(Santalum album)* in Java.) Korte Meded. P.v.b.H. 10 and Tectona 18: 455-498. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 642.
Indonesia: Ordenación
Se mezcló *Santalum album* con cultivos al aire libre y *Leucaena glauca*. Muchas plántulas murieron al no poder alcanzar las raíces de las plantas en la fila intermedia. Fue de utilidad la existencia de herbáceas de baja altura en torno a las plántulas. Una vez que las raíces alcanzaron la *Leucaena* crecieron satisfactoriamente.

Krishnamurthy, K., Munegowda, M.K. and Rajagopal, D. 1990. Outbreak of Psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford on Leucaena and its outlook in alley cropping in India. In: Leucaena Psyllid: Problems and Management. International Workshop, Bogor, Indonesia, ed. Napompeth, B. and MacDicken, K.G., pp 17-24.
India: Plagas.
Se describe la distribución, los daños y los intentos de lucha contra el insecto.

Kunst, E.D. 1918. *Toelichtingen bie de excursie der houtvesters in de 2de en 5de Inspectie-afdeeling naar Karanggedeh op 21 December 1918.* (Explanations at the excursions of the forest district officers of the second and fifth inspection division to Karanggedeh on 21 December 1918.) In: *Boschwesen, Dienst van het, 1918. Notulen van de gecambieerde dienstvergadering der tweede en vijfde*

inspectieaafdeeling van het Boschwesen te Samarang op den 20 December 1918. (Minutes of the combined service meeting of the second and fifth inspection division of the forest service in Samarang, 20 December 1918.) Unpublished. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 606.
Indonesia: Ordenación.
Si se evitan los incendios, las especies que forman parte de una mezcla natural se desarrollan con gran vigor. Es preferible una mezcla natural a una mezcla artificial.

Lahiri, A.K. 1987. A note on the prospects of *Tectona grandis and Xylia dolabriformis* mixtures in North Bengal. Indian Journal of Forestry 10 (3): 232-233.
India: Ordenación.
Mezcla en líneas de *Xylia dolabriformis* y *Tectona grandis*. El espaciamiento era de 2x2 m y se mezclaron 4 líneas de teca, 4 líneas de *Xylia* y 4 líneas de *Schima wallichii, Chukrasia tabularis* y *Michaelia campaca*. Las dos últimas especies citadas son poco resistentes al fuego y tendieron a ser eliminadas. A los cinco años, la altura media era de 6m y el dap de las especies poco resistentes al fuego era de 5,1 cm, mientras que en las restantes alcanzaba los 7-8 cm.

Lamb, A.F.A. 1969. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. Commonwealth Forestry Review 48 (1): 41-53.
Nigeria: Ordenación.
Utilización de *Nauclea diderrichii* en una matriz de *Meliaceae, Lovoa trichilioides, Khaya ivorensis, Entandrophragma utile, E.cylindricum, E.angolense*. Proporción de *Nauclea* y *Meliaceae*, 5:1. El espaciamiento era de 3,7 m. La *Nauclea* se extrajo entre los 12 y 15 años de edad y las *Meliaceae* se talaron a los 60-70 años. En los suelos infértiles amazónicos se recomienda realizar rotaciones alternadas de especies ombrófilas.

Lamb, A.F.A. 1991. Personal communication.
Nigeria: Ordenación.
El crecimiento de *Lovoa* es demasiado lento para mantenerse al nivel de *Nauclea*. *Cedrela odorata* no era atacada por *Hypsipyla* en Nigeria.

Lawton, R.M. 1991. Personal communication.

Leclerq, W.L., 1960. *Fames annosus and Prunus serotina.* Ned. Bosb. Tijdschr. Vol 33 (2): 74-74.
Países Bajos: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Se analiza el posible riesgo que entraña la mezcla de *Prunus serotina* con coníferas.

Leslie, A.J. 1966. The problem of limited funds in tropical forestry. Commonwealth Forestry Review 45 (2): 156-159.
Los trópicos: Ordenación. Aspectos económicos.
No existe justificación para asignar unos fondos escasos a tareas silvícolas extensivas en los bosques naturales, que reportan un escaso rendimiento económico, a expensas de un trabajo intensivo en las plantaciones de elevado rendimiento.

Leslie, A.J. 1987. A second look at the economics of natural management systems in tropical mixed forests. Unasylva 155 (1): 47-58.
Los trópicos: Aspectos económicos.
En la ordenación de los bosques mezclados tropicales no se deben pasar por alto los beneficios distintos de los ingresos. Las perspectivas económicas dependen en gran parte del tipo de interés proyectada en el tiempo; la elección del tipo de interés es subjetiva, pero todo parece indicar que es más probable que el tipo apropiado se encuentre en el extremo inferior de una escala plausible de tipos de interés.

Levy, G. 1982. *Estimation de l'utilité d'une introduction d'aulne glutineux en mélange à de jeunes plants d'épicéa commun sur sol à hydromorphie temporaire superficielle.* Annales des sciences forestières 39 (1): 33-40.
Francia: Suelos. Ordenación.
Datos de dos años procedentes de un ensayo de mezcla de aliso con abeto de Noruega (1:5) en suelos pseudogley. La capa freática se hallaba a 5cm bajo la superficie. Al bajar el nivel freático mejoró el enraizamiento, la absorción de N y la supervivencia del abeto. En verano, el descenso de la capa freática puede tener efectos negativos sobre el abeto.

Libby, W.J. 1982. What is the safe number of clones per plantation? In: Resistance to Disease and Pests in forest Trees, eds Heybroek, H.M., Stephan, B.R. and von Weissenberg, K. Proceedings Third International Workshop on the Genetics of Host Parasite Interactions in Forestry September 1980. Wageningen, Netherlands, pp 342-360.
Medio ambiente: Plagas y enfermedades.
La adaptación cruzada de una plaga de generación corta es más probable cuando existe un número elevado de clones que cuando éstos son pocos y no tienen relación entre sí. Una buena estrategia consiste en establecer plantaciones monoclonales y la estrategia menos adecuada es que el número de ciclones sea de 2-3. Tal vez, lo idóneo es que el número de clones oscile entre 7 y 25.

Lohmander, P. 1990. *Flexibilitet - en ledstjaerna foer all skoglig planering.* Skogsfakta, inventering och ekonomi 23, Swedish University of Agricultural Sciences.
Suecia: Aspectos económicos.
Es imposible realizar predicciones a largo plazo sobre los precios de la madera y los costos de extracción. También lo es establecer el impacto futuro de los cambios ambientales. Por consiguiente, la flexibilidad es de vital importancia y las masas mezcladas permiten una mayor flexibilidad. En efecto, en los aclareos futuros pueden favorecerse las especies que reportan mayores beneficios económicos.

Lowe, R.G. 1991. Personal communication.
Nigeria: Ordenación.

Lundgren, B. 1980. Plantation forestry in tropical countries - physical and biological potentials and risks. Rural Dvelopment Studies 8. Swedish University of Agricultural Sciences, International Rural Development Centre, Uppsala, Sweden.
Los trópicos: Suelos.
En este estudio se afirma que en los trópicos las plantaciones forestales han de considerarse como un cultivo de ciclo corto, comparable a un cultivo agrícola, y que no se ha prestado la atención necesaria a la ordenación del suelo y del sitio.

MacGregor, W.D. 1934. Silviculture of the mixed deciduous forests of Nigeria with special reference to the south-western provinces. Oxford Forest Memoirs 18. Oxford Forestry Institute (UK).
Nigeria: Ordenación.
Este estudio se ocupa principalmente de los bosques naturales, pero también se aborda la cuestión del éxito de las mezclas en las plantaciones y de la plantación de mejora.

McColl, J.G. and Edmonds, R.L. 1983. Symbiotic nitrogen fixation by *Daviesia minosoides* under Eucalyptus. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, August 1982. General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. of Agriculture Forest Service (1983), No. PNW-163, pp 122-129.
Australia: Suelos.

En los kraznozems, de tierra roja, derivados de los sedimentos ordovicienses muy meteorizados, *E.dives* y *E.dalrympleana* crecen en pendientes expuestas con un subpiso de *D. mimosoides*, fijando 4,5-7 kg/ha/año. Se examina el modelo de fijación del nitrógeno. El ritmo de fijación del N es constante con una tensión del suelo normal y disminuye en el momento de defoliación de las plantas. Se produce un aumento de la fijación del N hasta 0,01 y luego disminuye bruscamente (condiciones anaeróbicas).

McIlroy, J.C. 1978. The effects of foresty practice on wildlife in Australia. A review. Australian Forestry 41 (2): 78-94.
Australia: Fauna silvestre.
En general, las prácticas forestales reajustan o inician la sucesión de las comunidades vegetales y animales. Los planes de ordenación no pueden sustituir totalmente a las reservas y parques nacionales.

McKinnell, F.H. 1990. Status of management and silviculture research on Sandalwood in Western Australia and Indonesia. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 19-25.
Australia, Indonesia: Ordenación.
Descripción general de las actividades de ordenación e investigación sobre el sándalo en Australia occidental e Indonesia.

Maheut, J. and Dommergues, Y. 1959. *La fixation par le reboisement de dunes de la presqu'île de Cap-Vert et l'évolution des sols.* (Fixation of the Cape Verde Peninsula sand hills by reafforestation.) Bois et forêts des tropiques No. 63: 3-16
Senegal: Suelos.
La presencia de *Casuarina equisetifolia* estimula la actividad biológica y por ello se considera que es una especie adecuada para la repoblación forestal de suelos arenosos de montaña. Puede ser necesario practicar una rotación de cultivos.

Magundikoro, I.A. and Depari, K.S. 1958. (Insect and fungus attacks in the pine forest of northern Sumatra.) Rimba Indonesia 10-12: 417-452.
Indonesia: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Establecer mezclas con especies de caducifolias es una de las medidas que se recomiendan para reducir la incidencia de ataques de insectos contra *Pinus merkusii* en la zona.

Maheut, J. and Dommergues, Y. 1960. *Les teckeraies de Casamance - Capacité de production des peuplements caractéristiques biologiques et maintien du potentiel productif des sols.* (Teak plantations of Casamance - Biological characteristics and maintenance of the productive potential of soils.) Bois et forêts des tropiques 70: 25-42.
Senegal: Suelos, rendimiento.
Existen motivos para temer un descenso del rendimiento de las plantaciones de teca en Casamance. La mezcla de especies es una de las medidas preventivas recomendadas.

Malcolm, D.C. 1979. The future development of even-aged plantations: silvicultural implications. In: the ecology of even-aged forest plantations. Proceedings of the meeting of Division I, IUFRO, Edinburgh, Sept. 1978. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge (UK), 1979, pp. 481-504.
Reino Unido: Ecología. Ordenación.

Malcolm, D.C. and Titus, B.D. 1983. Decomposing litter as a source of nutrients for second rotation Sitka Spruce established on peaty gley soils. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, August 1982.

General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. of Agriculture Forest Service (1983), No. PNW-163, pp 138-145.
Reino Unido: Suelos.
Al dejar los restos de corta en suelos gley se propició una gran liberación de nutrientes y un importante crecimiento de la maleza. Cuando se eliminaban los restos de corta, los nutrientes tendían a perderse en la escorrentía.

Malcolm, D.C., Hooker, J.E. and Wheeler, C.T. 1985. *Frankia symbiosis as source of nitrogen in forestry:* a case study of symbiotic nitrogen-fixation in a mixed *Picea-Alnus* plantation in Scotland. In: Symbiosis and Plant Nutrition. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 85 (3/4): 263-282.
Reino Unido: Suelos.
En una plantación de 16 años de edad establecida en un suelo arcilloso moderadamente fértil, una mezcla en líneas de *Alnus rubra* no aumentó el crecimiento de *P.sitchensis* en relación con una plantación pura de abetos. La presencia del aliso incrementó en 585 kg/ha la cantidad de N en la capa superior del suelo.

Malcolm, D.C., Campbell, J.M. and Morgan, J.L. 1990. Synergism in mixed species stands on oligotrophic sites in Scotland. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div 2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido: Suelos.
Los efectos beneficiosos de las mezclas de pino y alerce con abeto comienzan a manifestarse entre los 6 y 8 años de edad. Las diferencias en cuanto a las formas e intensidades de arraigue, junto con las mayores tasas de mineralización de N en suelos de superficie orgánica parecen explicar el mayor crecimiento en las masas mezcladas.

Mallet, B. 1988. *Note sur la croissance de Khaya senegalensis en plantations en zone de forêt semi-décidue en Côte d'Ivoire.* CTFT (unpublished).
Côte d'Ivoire: Ordenación.
Khaya senegalensis parece crecer mejor en los claros, aunque *Hypsipyla robusta* plantea problemas. El fuste está mejor conformado cuando se establece una mezcla con *Leucaena leucocephala* o *Cedrela odorata*, pues se retardan los ataques de *H.robusta*.

Mangoendihardjo, S., Wagiman, F.X., Suthoni, A. and Subyanto. Economic impact of Leucaena Psylid infection on estate crops and teak forest plantation. In: Leucaena Psyllid: Problems and Managment. Workshop in Bogor, Indonesia. F/FRED Coordinating Unit,. Bangkok, pp 184-188.
Indonesia: Plagas.
Ofrece información sobre las zonas infectadas y sobre las pérdidas económicas.

Manil, G. 1971. (The problem of maintaining the fertility of the soils under pure conifer plantations.) Bull. Soc. For. Belg. 78 (5): 217-250.
Bélgica: Suelos.
Examen de los efectos de las plantaciones de coníferas sobre los suelos y ecosistemas.

Martin, B., Laplace, P. and Quillet, G. 1989. *L'UAIC afocel-Armef Informations Forêt.* No. 2 - 1989. Pointe-Noire, Congo.
Congo: Ordenación.
Descripción de plantaciones clonales de eucalipto. Mezclas espaciales conseguidas mediante la mezcla de clones. Se utilizaron 42 clones, aunque en el 50% de las superficie sólo se utilizaron cinco. Se consiguieron, asimismo, mezclas a lo largo

del tiempo mediante sucesión. La amplitud de la base genética y la uniformidad del producto son algunas de las ventajas obtenidas.

Martin, B. 1991. *Les croisements contrôlés industriels: appui majeur à la voie clonale. Nouvelle stratégie pour les plantations forestières intensives.* Paper, Theme 13, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings, Vol. 5: 43-49.
Congo: Silvicultura clonal.

Mathew, G. 1990. Cossid pests of teak in the Asian Region and the possibilities of their control. In: Pests and Diseases of Forest Plantations in the Asia-Pacific Region. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, pp 204-213.
Asia: Plagas
Examen de dichas plagas y de la lucha contra las mismas.

Matziris, D. 1991. Selection and plantation of species and provenances in relation to sites and objectives. Paper, Theme 13.2, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings, Vol.5: 77-84.
Incluye una recomendación para la utilización de mezclas de especies.

Merlin, M. and Van Ravenswaay, D. 1990. The history of human impact on the genus *Santalum* in Hawaii. In: Proceedings of the Symposium of Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Dept. of Agriculture Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 46-60.
Hawai: Ordenación, explotación y conservación.
Breve examen.

Mielikainen, K. 1985. The structure and development of pine and spruce stands with birch mixture. In: Broadleaves in Boreal Silviculture - An Obstacle or an Asset? (Hagglund, B. and Petterson G. eds). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 14: 189-206.
Finlandia: Rendimiento.
La mezcla con *Betula pendula* (25-50%) favorece el rendimiento del abeto en todas las edades. La mezcla con pino sólo favorece el rendimiento si se corta pronto, a los 20-30 años. La mezcla con pino determina una disminución del rendimiento de madera para aserrío. *Betula pubescens* no incrementa el crecimiento del abeto pero puede servir como especie de relleno en las plantaciones poco densas.

Miller, P.R. and Eiderman, M.J. (eds). 1977. Photochemical oxidant air pollutant effects on a mixed conifer forest ecosystem. EPA 600/3-77-104. USEPA, Corvallis, Oregon, pp 338.
Medio ambiente: Contaminación.

Moffat, A.J. and Boswell, R.C. 1990. Effect of tree species and species mixtures on soil properties at Gisburn forest, Yorkshire. Soil Use and Management 6 (1): 46-51.
Reino Unido: Suelos.
Experimento de una mezcla de 32 años de edad con pino silvestre, abeto rojo, roble y aliso y control de las herbáceas. En las masas de coníferas y alisos, el suelo era ligeramente más ácido que bajo el roble y las herbáceas. El pH disminuyó en todas las parcelas. En las coníferas, los horizontes F y H eran más gruesos, pero el horizonte A más delgado. Posiblemente, las coníferas y el aliso retrasaron la formación de un horizonte B deficiente en hierro.

Mohns, B., Applegate, G.B. and Gilmour, D.A. 1988. Biomass and productivity estimations for community forest management: a case study from the hills of Nepal - II. Dry matter production in mixed young stands of Chir pine *(Pinus roxburghii)* and broad leaved species. Biomass 17: 165-184.
Nepal: Rendimientos.

La biomasa en pie variaba de 15 t/ha (7,74 de pino y 7,26 de frondosas) en la pendiente meridional, a 41,77 (29,73 de pino y 12,04 de frondosas) en la pendiente septentrional. La producción anual de materia seca oscilaba entre 4,50t/ha/año (2,27 de pino y 2,23 de frondosas) y 10,82t/ha/año (6,74 de pino y 4,08 de frondosas).

Mooney, J.W.C., 1962. The tropical shelterwood system in the high forest of Ghana. Commonwealth Forestry Review 41 (3): 205-208.
Ghana: Ordenación.
Se analiza la necesidad de establecer unos objetivos claros y de ordenar las mezclas de especies incompatibles. Las especies maderables más valiosas son ombrófilas de crecimiento lento. Se puede conseguir un mayor volumen con especies de luz. Mayor utilización en la producción para el mercado local que para la exportación. El sistema TSS se considera poco adecuado para la producción de especies "de calidad".

Mopri Bilan 1987. *Essais comportement Cedrela odorata.* CTFT (unpublished).
Côte d'Ivoire: Rendimiento.
La productividad de las masas puras de *Cedrela odorata* era mayor que las de las masas mezcladas de *C.odorata* y *Terminalia ivorensis.*

Moraes de Jesus, R. and Brouard, J.S. 1989. *Eucalyptus-Leucaena* mixture experiment. I. Growth and yield. International Tree Crops Journal 5: 257-269.
Brasil: Rendimiento.
Ensayo con *E. urophylla* y dos variedades de *L. leucocephala.* A la edad de siete años, la supervivencia del eucalipto oscilaba entre el 75% (control) y el 50% (mezcla). La supervivencia de *Leucaena* era del 95%. El rendimiento del eucalipto bajo control era mayor que en las parcelas mezcladas y, a su vez, mayor que el de *Leucaena.* Es posible que la utilización de un fertilizante inorgánico redujera la fijación de N en *Leucaena.*

Morris, A.R. 1986. Soil Fertility and Long-term Productivity of *Pinus patula* in Swaziland. Unpublished Thesis for Ph. D, Reading University (UK), pp 398.
Swazilandia: Suelos.
Estimaciones de la eliminación de nutrientes, del contenido de nutrientes en la masa madura, del contenido de nutrientes en el suelo y de la eliminación de nutrientes a consecuencia de las labores de extracción.

Moss, D. 1979. Even-aged plantations as a habitat for birds. In: The ecology of even-aged forest plantations. Proceedings of the meeting of Division I, IUFRO, Edinburgh, Sept. 1978. Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge (UK), 1979.
Reino Unido: Fauna silvestre.
La diversidad de la fauna silvestre es mayor en las fronteras de dos hábitats. La decadencia de una especie puede deberse a la eliminación de su fuente de alimentos más que a la presencia de árboles (por ejemplo, cuervos y ovejas en los páramos). La diversidad de la estructura (todas las edades) es tan importante como la diversidad de especies.

Muir, W.D. 1970. The problem of maintaining site fertility with successive croppings. Australian Journal of Science 32 (8): 316-324.
General: Suelos.
La disminución de la productividad de las masas forestales en la segunda rotación parece producirse únicamente en los suelos donde la fertilidad natural es baja.

Murray, M.D. and Miller, R.E. 1986. Early survival and growth of planted Douglas fir with red alder in four mixed regimes. Pacific North West Research Station, US Dept. of Agriculture Forest Service, pp 13.
Estados Unidos: Ordenación.

La conservación de 1 250 pies de aliso rojo/ha hasta los 6-8 años no tuvo efectos negativos sobre el abeto Douglas en Cascade Range.

Murray, M.D. and Leonard, P.C. 1990. Growth of trees and stand structure in mixed stands of Pacific silver fir and western hemlock. US Dept. of Agriculture Forest Service Research Paper PNW-RP-431. pp 12.
Estados Unidos: Ordenación.
Análisis de seis masas de tsuga/pinabete. Aunque *Tsuga heterophylla* crece más rápidamente en altura en un principio, el pinabete (*Abies amabilis)* crece más deprisa a partir de los 35 años. Por consiguiente, no se debe discriminar al pinabete en los primeros aclareos.

Muttiah, S. 1965. A comparison of three repeated inventories of Sundapola mixed selection working circle and future management. Ceylon forester 7(1/2): 3-35.
Sri Lanka: Ordenación.
Mezcla de *Swietenia macrophylla* con *Tectona grandis* y *Artocarpus integrifolius*. Edad desconocida. *S. macrophylla* constituia entre el 59 y el 84% de la masa (por el número de pies), *T. grandis* entre el 2 y el 15% y *A. integrifolius* entre el 8 y el 19%. Volumen de 94 a 155 m^3/ha (dap hasta 58 cm), pero los árboles de más de 78 cm se talaron entre 1955 y 1960. Intensa regeneración de la caoba. Se propuso aplicar el mismo tratamiento que a un bosque de entresaca para conseguir una presencia de árboles de todas las edades.

Muttiah, S. 1991. Personal communication.
Sri Lanka: Ordenación.
Las plantaciones de Sundapola se establecieron hacia 1901. A comienzos de los años cincuenta se reconoció el potencial de conversión en una plantación (pura) disetánea. Sin embargo, la caoba no podría haberse establecido sin la mezcla. Probablemente, se debería desaconsejar su conversión en una plantación pura. Explotación realizada con el máximo cuidado.

Neil, P.E. 1990. Growing Sandalwood in Nepal - potential silvicultural methods and research priorities. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 72-75.
Nepal, India: Ordenación.
Breve descripción de diversas propuestas de gestión silvícola.

Nelson, T.C. 1964-65. Growth models for stands of mixed species composition. Proc. Soc. Amer. For. 1964, 1965, pp 229-231.
Estados Unidos: Rendimiento.
Se propone un modelo de crecimiento para masas mezcladas, basado en una teoría simplificada.

Ng, F.S.P. 1991. Personal communication.
Malasia: Ordenación.
Las plantaciones de Kepong se establecieron como parcelas de demostración con *Albizia falcataria*, que se taló. Las dipterocarpáceas crecieron satisfactoriamente, pero el eucalipto fracasó. Las especies del estrato inferior se han regenerado de forma natural. En el lapso de 30 años se ha creado un bosque mezclado. Trascurridos 60 años, se utiliza como zona recreativa.

Ng, F.S.P., Zulkifly bin Haji Mokhtar, Ahmad Abdul Ghani bin Abdul Aziz 1982. *Leucana leucocephal* as a tall cover crop for sawlog plantations. In: *Leucaena* Research in the Asian-Pacific region, Singapore 1982, pp 113-118. IDRC, Canada.
Malasia: Ordenación, especies protectoras.

Leucaena se ha utilizado como especie protectora junto con *Tectona grandis* y *Araucaria hunsteinii*. Su uso parece prometedor en cuanto a la supresión de *Imperata*, pero no tanto para la eliminación de *Pueraria* y *Centrosema*.

Nielsen, P. 1991. (Forest Research Branch, Queensland).
Comunicación.

Nogueira, J.C.B. 1977. *Reflorestamento heterogeneo con essencias indigenas.* Boletim Tecnico, Instituto Florestal, Sao Paolo 24: 1-77.
Brasil: Ordenación.
Descripción de la reforestación de una pequeña zona de bosque ripícola degradado. Al cabo de 22 años se había formado un vigoroso bosque tropical semicaducifolio.

Nordstroem, L. 1964. *Ek och gran.* (Oak and spruce). Skogen 21.
Suecia: Ordenación.
Régimen silvícola para la regeneración del roble en una mezcla en grupos con abetos. El objetivo de dicho régimen es conseguir una masa pura de robles de gran calidad.

Novais, R.F. de and Poggiani, F. 1983. *Deposicao de folhas e nutrientes em plantacoes florestais puras e concoriadas de Pinus e Liquidambar.* (Leaf fall and nutrient return in pure and mixed plantations of pinus and *Liquidambar.)* IPEF No. 23: 57-59.
Brasil: Suelos.
La heterogeneidad en la hojarasca del suelo de las masas mezcladas parece incrementar la descomposición y favorecer el ciclo de los nutrientes.

Nwoboshi, L.C. 1983. Potential impacts of some harvesting options on nutrient budgets of a *Gmelina* pulpwood plantation ecosystem in Nigeria. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, August 1982. General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. Of Agriculture Forest Service (1983), No. PNW-163.
Nigeria: Suelos. Ordenación.
Datos relativos a la situación de los nutrientes en una plantación de *Gmelina arborea* de diez años de edad. Figuran también datos relativos al suelo y a la erosión.

Odendaal, P.B. and Bigalke, R.C. 1979. habitat selection by bushbuck in a disturbed environment. South African Forestry Journal 108: 39-41.
Africa austral: Fauna silvestre.
Seguimiento por radio de cinco animales. El bosque autóctono de frondosas cubría todas sus necesidades. Durante la noche preferían las zonas cortadas a hecho y durante el día las plantaciones densas de *Pinus radiata* y *P.elliottii*. Las zonas menos atractivas eran las plantaciones de *Eucalyptus diversicolor.*

Okafor, J.C. 1977. Development of forest tree crops for food supplies in Nigeria. Forest Ecology and Management 1(3): 235-247.
Nigeria: Aspectos sociales.
Se subraya la importancia de los árboles frutales. Se desconocen sus exigencias silvícolas

Oliver, C.D. 1980. Even-aged development of mixed-species stands Journal of Forestry 78: 201-203.
América del Norte: Ordenación.
Los bosques estratificados no han de ser necesariamente disetáneos. Algunas mezclas, por ejemplo la formada por el abeto Douglas y la tsuga pueden tener un área basimétrica mayor que las masas puras de cualquiera de las dos especies.

Palmer, J.R. 1986. Jari: Lessons for land managers in the tropics. Bois et Forêst des Tropiques 212 (2): 16-27.
Brasil: Ordenación.

Daños causados al suelo durante la preparación de la estación. Falta de adaptación al lugar de *Gmelina* (sólo el 25% de la superficie era idónea).

Pandey, D. 1992. Assessment of tropical forest plantation resource. Department of Forest Survey, Swedish University of Agricultural Sciences (inédito).

Paschke, M.W., Jeffrey, O.D. and David, M.B. 1989. Soil nitrogen mineralization in plantations of *Juglans regia* interplanted with actinorhizal *Elaeagnus umbellata or Alnus glutinosa*. Plant and Soil 118: 33-42.
Estados Unidos: Suelos, rendimiento.
Examen del N mineralizado en una masa de nogal de 18 años de edad pura e intercalada con *Elaeagnus umbellata* y aliso (3:1). Se produjo un importante incremento de N mineralizado en la zona de *Elaeagnus* y un aumento menor bajo los alisos: de hasta 18 kg/ha/año, equivalente al 13,5% del nitrógeno total, bajo el aliso y de apenas 52 kg/ha/año en las parcelas testigo. Existía una relación entre el crecimiento del nogal y la mineralización del N.

Peace, T.R. 1957. Approach and perspective in forest pathology. Forestry 30: 47-56.
General: Enfermedades.
Examen del problema. "Las generalizaciones conducen a falsas simplificaciones. Lamentablemente, es muy poco lo que sabemos acerca de la salud y las enfermedades de los árboles".

Peck, K.M. 1990. Habitat preferences of birds: the importance of diversity in woodlands. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div 2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido: Fauna silvestre.
El número de especies de aves (paseriformes) está en función de la riqueza y diversidad de especies arbóreas. Las preferencias en cuanto a los árboles cambian estacionalmente y se atribuyen a las modificaciones en la disponibilidad de alimentos.

Perera, W.H. 1962. The development of forest plantations in Ceylon since the 17th century. Ceylon Forester 5 (3): 142-151.
Sri Lanka: Ordenación.
Experimento con *Swietenia macrophylla* bajo *Artocarpus heterophyllus*, de tres años de edad, a partir de 1890. Asimismo, plantación de mejora con *S. macrophylla* y *Cedrela mexicana*, así como *S. macrophylla* bajo la segunda generación de teca.

Perry, D.A. 1979. Variation between and within tree species. In: Ecology of Even-aged Plantations. Ford, E.D., Malcolm, D.C. and Atterson, J. (eds), pp 71-98.
General: Ecología.

Perry, D.A. and Maghembe, J. 1989. Ecosystem concepts and current trends in forest management: time for reappraisal. Forest Ecology and Management 26: 123-140.
General: Medio ambiente. Aspectos económicos.
Los criterios económicos actuales no tienen en cuenta una serie de factores importantes como la sostenibilidad y la diversidad.

Perry, D.A., Bell, T. and Amaranthus, M.P. 1990. Mycorrhizal fungi in mixed-species forests and other tales of positive feedback, redundancy and stability. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div. 2.01 Symposium, Edinburgh.
Estados Unidos: Suelos.
El efecto de las micorrizas sobre la competencia entre plantas de diferentes especies muestra que una interacción negativa pasa a ser neutral o positiva (aumenta el rendimiento). Vincula físicamente a los árboles con sus hifas, a través de los cuales pasan probablemente el carbono y los nutrientes.

Phillips, D.R. and Abercrombie, J.A. 1987. Pine-hardwood mixtures - A new concept in regeneration. Southern Journal of Applied Forestry. 11 (4): 192-197.
Estados Unidos: Ordenación.
Se propone el sistema de mantener la regeneración natural de frondosas con las plántulas de pino.

Pierlot, R. 1955. *Le reboisement en placeaux espacés. Bulletin d'information de l'INEAC* 4 (5): 325-338.
Zaire: Ordenación.
Se presente un sistema de regeneración mediante plantación en grupos densos espaciados.

Poole, B. 1989. Forest health issues in Southeast Asia. New Zealand Journal of Forest Science 19 (2/3): 159-162.
Asia: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Examen de plagas importantes de insectos del sudeste asiático.

Poore, M.D., Burguess, P.F., Palmer, J.R., Reitenbergen, S. and Synnott, T.J. 1989. No Timber without Trees. Earthscan Publications Ltd., London WC1H ODD. 252 pp.
General: Ordenación.
Análisis de políticas forestales naturales.

Prasad, K.G., Singh, S.B., Gupta, G.N. and George, M. 1985. Studies in changes in soil properties under different vegetations. Indian Forester 111 (10): 974-7911.
India: Suelos.
Al cabo de 40 años el carbono orgánico había disminuido en la capa superficial del suelo, de 18 cm. Bosque natural: plantación mezclada: plantación de teca, 1,7:-1,5:0,8%. P_2O_5 13:17:10 ppm. Mg total, 1,6:1,5:0,9 pero el Mg intercambiable aumentó en la teca. Se consideró que el suelo existente bajo la teca había perdido fertilidad.

Pryor, S.N. and Savill, P.S. 1986. Silvicultural systems for broadleaved woodland in Britain. Oxford Forestry Institute (UK) Occasional Paper 32.
Reino Unido: Ordenación.
No se demuestra que en los bosques de entresaca la producción sea mayor, pero sí existen argumentos para afirmar que es de más calidad.

Queensland 1990. Annual Report for 1989. Queensland Forest Department.
Australia: Ordenación.
Incluye una especificación de las zonas de plantaciones por especies.

Rackham, O. 1990. Mixtures, mosaics and clones: the distribution of trees within European woods. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div 2.01 Symposium, Edinburgh.
Europa: Medio ambiente.
En muchos casos, las masas naturales puras se dan en medios extremos: *Pinus mugo, P. cembra* y *Alnus viridis* en zonas de gran altitud; *Betula* en el extremo norte; *Cupressus sempervirens* en las zonas calizas orientadas al sur, en Creta; *Quercus petraea* en el clima Atlántico de la parte occidental de Gran Bretaña; *Alnus glutinosa* en los valles de turba y *Quercus* y *Fagus* en las zonas de ramoneo.

Radwan, M.A. and DeBell, D.S. 1988. Nutrient relations in coppiced black cottonwood and red alder. Plant and Soil 106 (2): 171-177.
Estados Unidos: Ordenación.
El cultivo mezclado de *Populus trichocarpa* y *Alnus rubra* parece prometedor porque favorece el crecimiento del álamo.

Rai, S.N. 1990. Status and cultivation of Sandalwood in India. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 66-71.
India: Ordenación, ecología, rendimientos, comercialización.
Breve exposición sobre el cultivo del sándalo.

Ram Prasad 1988. Sal plantation on bauxite mined out site of Madhya Pradesh. Journal of Tropical Forestry 4 (1): 68-73.
India: Suelos.
Se ensayaron algunos métodos para restablecer la cubierta vegetal en el terreno de una antigua mina. Uno de ellos fue la mezcla de *Shorea robusta* con *Grevillea robusta, Eucaliptus camaldulensis, Toona ciliata* y *Pinus kesiya*.

Ram Prasad and Camire, C. 1988. Afforestation of dolomite mine overburdens in Madhya Pradesh. Journal of Tropical Forestry 3 (2): 124-131.
India: Ordenación. Rendimiento.
Acacia auriculiformis, A. campylacantha, Gmelina arborea, Eucalyptus hybrid, y *Pongamia pinnata* alcanzaron un crecimiento en altura y en diámetro y un índice de supervivencia mayores mezclados con el bambú que cuando se establecieron como masa pura. Algo menor fue el crecimiento de *Albizia procera*.

Ratcliffe, P.R. and Petty, S.J. 1988. The management of commercial forests for wildlife. Nat. Environ. Res. Council. Inst. Terrestrial Ecology (UK) Symposium Proceedings: 17: 177-187.

Raunio, A.L. 1991. Personal Communication.
Etiopía: Ordenación.
Plantación de *Grevillea robusta* en un monte bajo de *Eucalyptus grandis* de baja densidad: resultados prometedores. Plantación de *Pinus radiata* en una mezcla, al 25%, con *Pinus patula* o *Cupressus lusitanica*. En ambos casos, mezclas en línea. *Grevillea* no es objeto de ramoneo por los duíqueros.

Reddell, P. 1990. Increasing productivity in plantings of *Casuarina* by inoculation with *Frankia*. In advances in *Casuarina* Research and Utilization. Desert Development Center, American University in Cairo, Box 2511, Cairo, Egypt.
Queensland, Zimbabwe: Soils.
Inoculation with Frankia can result in up to 100% increase in wood production in 4 year old trees of *C. cunninghamiana*. Omission of P from nutrients applied can reduce growth by 75%.

Reddell, P., Rosbrook, P.A. Bowen, G.D. and Gwaze, D. 1988. Growth responses in *Casuarina* Research and Utilization. Desert Development Center, American Unviersity in Cairo, Box 2511, Cairo, Egypt.
Queensland, Zimbabwe: Suelos.
La introducción de *Frankia* puede suponer un aumento del 100% de la producción de madera en masas de cuatro años de edad de *C. cuninghamiana*. Si no se incluye el fósforo entre los nutrientes aplicados, el crecimiento puede reducirse en un 75%.

Reddell, P., Rosbrook, P.A., Bowen, G.D. and Gwaze, D. 1988. Growth responses in *Casuarina cunninghamiana* plantings to inoculation with *Frankia*. Plant and Soil 108: 79-86.
Australia, Zimbabwe: Suelos.
En Zimbabwe, una variedad de *Frankia* aumentó el crecimiento en altura en un 200% a la edad de 14 meses. En Queensland, se observaron incrementos de la producción de madera de hasta el 150% a la edad de 45 meses. La aplicación de

fósforo permitió aumentar la producción de madera en un 250% en la parcela testigo.

Reese, K.P. and Ratti, J.T. 1988. Edge effect: a concept under scrutiny. Trans. 53rd. North American Wildlife and Natural Resources Conference, pp 123-136.

Rehmani, A.R. 1989. The great Indian bustard. Final Report. Bombay Natural History Society, India.

Rennie, P.J. 1962. Some long-term effects of tree growth on soil productivity. Commonwealth Forestry Review 41 (3): 209-213.
Reino Unido: Suelos.
Comparación de suelos bajo frondosas y coníferas de 70 años de edad, en páramos de *Calluna*, con suelos empobrecidos. Las coníferas incrementaron más que las frondosas la porosidad del estrato de humus. Suelos minerales empobrecidos por debajo de los 30 cm, más en las coníferas que en las frondosas. Las coníferas redujeron el pH de 3,3 a 3,1 y las frondosas lo incrementaron a 3,5.

Robinson, J.B.D. 1967. The effect of exotic softwood crops on the chemical fertility of a tropical soil. East African Agricultural and Forestry Journal 33: 175-189.
Kenya: Suelos.
Comparación de un bosque autóctono, una plantación de coníferas de la primera y segunda rotación y una plantación de frondosas posterior a las coníferas.

Robinson, J.B.D., Hosegood, P.H. and Dyson, W.G. 1966. Note on a preliminary study of the effects of an East African softwood crop on the physical and chemical condition of a tropical soil. Commonwealth Forestry Review 45 (4): 359-365.
Kenya: Suelos.
Examen de suelos en una plantación de 16 años de edad de *Cupressus lusitanica*, con 420 árboles por ha, y en un bosque secundario contiguo.

Robinson, R.K. 1973. Mycorrhizas and "second rotation decline" in *Pinus patula* in Swaziland. South African Forestry Journal 84: 16-19.
Swazilandia: Suelos.
Correlación positiva entre la cantidad media de raíces de micorrizas, el grado de infección y el vigor en dos rotaciones. La falta de vigor puede ser consecuencia de la escasa actividad biológica, de la que da fe la acumulación de hojarasca, la ausencia de lombrices y la falta de micorrizas.

Rodgers, W.A. 1992. Managing Forests for biodiversity in India: a review of concepts and practices. Manuscript. Wildlife Institute of India, Dehra Dun, 75pp.

Ryan, E.A. and Alexander, I.J. 1990. Mycorrhizal aspects of improved Sitka spruce growth in mixed stands. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div 2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido. Suelos.
Se aportan pruebas de que *Suillus variagatus*, micorriza asociada a *Pinus sylvestris* pero no a *Picea sitchensis*, aparece en plantaciones mezcladas y puede degradar las proteínas rápidamente, dejando en solución el 87% de los productos de la degradación de las proteínas, solución que puede ser absorbida por el abeto Sitka.

Ryan, P.A. 1985. Hoop pine second rotation growth and nutrition. Paper presented to Second Rotation establishment: Problems, Possible Solutions and Identification of Research Needs Conference. Topic 2.2 Gympie, Queensland.
Australia: Rendimiento. Ordenación.

Salwasser, H. 1985. Integrating wildlife into the managed forest. In: A Symposium on Forestry and Wildlife Management in Canada. Forestry Chronicle, pp 146-149.

Salwasser, H. 1990. Sustainability as a conservation paradigm. Cons. Biology 4(3): 213-215.

Samraj, P., Chinnamani, S. and Haldorai, B. 1977. Natural versus man-made forest in the Nilgiris with special reference to run-off, soil loss and productivity. Indian Forester 103: 460-465.
India: Suelos. Rendimiento.
En las masas de *Eucalyptus globulus* y *Acacia mearnsii,* la escorrentía era menor que en el bosque natural, pero mayor que en las parcelas de gramíneas protegidas y en las de *Cytisus scoparius*. En las mezclas de eucalipto y acacia, los rendimientos eran de 700 pies/ha, 482 m^3/ha a los diez años de edad, y en las plantaciones puras, 322 m^3, 2 500 pies/ha para el eucalipto y 125 m^3 y 1 600 pies/ha para las acacias.

Sands, R. 1983. Physical changes to sandy soils planted to radiata pine. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, pp 146-152.
Australia: Suelos.
Se examina la correlación existente entre el crecimiento de la raíz y la fortaleza del suelo. El mantenimiento de la materia orgánica del suelo es esencial para la productividad, tanto para aumentar la capacidad de retención de agua como el nitrógeno del suelo y el CIC total.

Savill, P.S. and Evans, J. 1986. Plantation silviculture in temperate regions with special reference to the British Isles. Clarendon Press, Oxford.
Región templada: Manual.
Por las ventajas económicas que reportan, las plantaciones forestales son predominantemente puras y coétaneas. Se analizan casos en que las mezclas pueden estar indicadas.

Schlesinger, R.C. and Willians, R.D. 1984. Growth response of black walnut to interplanted trees. Forestry Ecology and Management 9 (3): 235-243.
Estados Unidos: Rendimiento.
A los 13 años, la intercalación de *Elaeagnus, Robinia* y *Alnus glutinosa* permitió aumentar el dap del nogal negro en algunos lugares (pero no en todos). *E. umbelata* permitió un incremento de entre un 56 y un 351% en cuatro de cinco lugares de Illinois, Missouri e Indiana. Todas las especies alcanzaron un incremento del 100% en una estación de tierras altas.

Schubert, T.H. 1985. Preliminary results of Eucalyptus/legume mixtures in Hawaii. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 3: 65-66.
Hawaii: Rendimiento
Resumen de las observaciones de Debell y otros acerca de las mezclas de *Eucalyptus/Albizia/Acacia*. Se señalan los ensayos realizados sobre la proporción de cada especie. En las mezclas de *Eucalyptus/Albizia* en una proporción 50:50, el dap del eucalipto era entre un 6 y un 15% mayor que en las mezclas en las que la proporción de eucalipto era mayor. No se aporta información sobre el volumen en pie de eucaliptos.

Schutz, C.J. 1982. Monitoring the long-term effects of management practices on site productivity in South African forestry. South African Forestry Journal 120: 3-6.
Sudáfrica: Ordenación, suelos.
No existen pruebas de un descenso de la productividad atribuible al sistema de manejo de las mezclas. Pueden surgir problemas de acumulación de hojarasca en los suelos de estaciones de baja calidad donde las masas forestales han sido sometidas a una ordenación intensiva.

Schutz, J.P. 1989. *Zum problem in Mischbestanden.* Schweiz. Z. Forstwesen 140 (12): 1069-1083.
Suiza: Rendimiento.

Se afirma que en las masas mezcladas de abeto y haya el crecimiento es más satisfactorio que en masas puras de cualquiera de las dos especies.

Schutz, J.P. 1990. *Die Waldbaulichen Moeglichkeiten und Grenzen von Mischbestockungen.* (Silvicultural possibilities and limits of mixed forests.) IUFRO World Congress, Montreal.
Suiza: Ordenación.
Es necesario reforzar la tendencia natural hacia la diversidad.

Serrano, R.C., Villanueva, T.R. and Sims, B.D. 1976. Surface run-off and sedimentation under *Albizia falcataria, Anthocephalus chinensis* and mixed secondary stands. Pterocarpus 2 (1): 35-46.
Filipinas: Suelos.
La mejor cubierta protectora se obtuvo, con mucho, en las masas puras de *A. falcataria.*

Shainsky, L.J. and Radosevich, S.R. 1988. Douglas fir and red alder competition in mixed and monoculture stands. Vegetation Competition and Responses. Proceedings 3rd Annual Vegetation Management Workshop. Vancouver B.C., Canadian Forest Service, pp 2.
América del Norte: Medio ambiente.
Se examina la interacción de las dos especies mencionadas que se plantaron con una densidad de 1 a 16 árboles por m^2. En esas condiciones, el abeto Douglas redujo la superficie foliar del aliso, al aumentar la densidad de abetos, pero los parámetros de crecimiento de ambas especies se vieron afectados principalmente por la densidad de alisos.

Singh, A.K. and Totey, N.G. 1985. Physico-chemical properties of bhata soils of Raipur (Madhya Pradesh) as affected by plantations of different species. Journal of Tropical Forestry 1 (1): 61-69.
India: Suelos.
Se examinan los suelos de plantaciones de *Tectona grandis, Eucalyptus hybrid, Emblica officinalis* y "misceláneas". En las plantaciones "misceláneas", la CIC, el número de cationes intercambiables y la materia orgánica son más elevados, pero la densidad de la masa es escasa y el crecimiento no es satisfactorio. Es objeto de controversia en qué medida las condiciones del suelo pueden ser consecuencia de los efectos de la cubierta arbórea.

Singh, A.K., Arun Prasad, Khatri, P.K. and Balvinder Singh 1987. Physico-chemical properties of soils developed over gneissic rocks under different forest covers in Nagri range of South Raipur (Madhya Pradesh). Journal of Tropical Forestry 3 (1): 37-47.
India: Suelos.
Examen de cuatro masas forestales: teca, *Shorea robusta*, mezcla con *Shorea robusta* y mezcla sin *Shorea robusta.*

Singh, S.B., Nath, S., Pal, D.K. and Banerjee, S.K. 1985. Changes in soil properties under different plantations of the Darjeeling forest division. Indian Forester 111 (2): 90-98.
India: Suelos.
La condición del suelo era mejor en las zonas donde se había realizado una mezcla de especies.

Singh, S.P. and Sharma, R.S. 1983. Permanent sample plots in stands of mixed species. Indian Forester 109 (7): 449-457.
India: Rendimiento.

Cuanto mayor es el porcentaje de *Trewia nudiflora, Toona ciliata* y *Bombax ceiba*, mayor es el volumen en pie.

Siregar *et al.* 1986. Growth of *Swietenia macrophylla and intercropped Leucaena leucocephala in the residual forest of Melaleuca leucadendron.* Leucaena Research Report 7: 82.
Indonesia: Rendimiento.
Los malos resultados pueden ser consecuencia de la alelopatía de *Melaleuca leucadendron*, de los efectos de la sequía o de una carencia de azufre.

Smelyanetz, V.P., Lopatina, N.V. and Lomakin, M.D. 1981. Forest resistance to insect pests in relation to plant population patterns. Zeitschrift fuer angewandte Entomologie 92: (3): 217-244.
URSS: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Puede utilizarse *Pinus sylvestris* como especie "de diversión" en los rodales de *Pinus pallasiana.*

Smith, D.M. 1962. The practice of silviculture. John Wiley and Sons, 7th edition.
Manual: Ordenación.
Si se quieren mantener mezclas íntimas en las plantaciones las mezclas han de estar estratificadas. Es casi imposible encontrar especies que constituyan mezclas de copa uniforme.

Smith, I.W., Marks, G.C., Featherston, G.R. and Geary, P.W. 1989. Effects of interplanted wattles on the establishment of eucalypts planted on forest sites affected by *Phytophthora cinnamoni.* Australian Forester 52 (2): 74-81.
Australia: Medio ambiente, plagas y enfermedades.
No se detectó efecto alguno de las acacias sobre *P. cinnamoni.* La intercalación de acacias parecía favorecer el crecimiento del eucalipto.

Soares, R.V. 1991. Ecological and economic consequences of forest fire: the Brazilian example. Theme 5.3, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings Vol. 2: 471-480.
Brasil: Incendios.

Solomon Islands 1988a. Notes on the use of mixtures and nurse crops in the establishment of plantations of high value spp. Forestry Note 30 7/88, Forest Department.

Solomon Islands 1988b. The status of *Securinega flexuosa* Muell. Arg. Forest Research Note 46 14/88, Forest Department.
Islas Salomón: Ordenación.
Plantación de *Swietenia macrophylla* con *Securinega flexuosa, S. samoana, Leucaena leucocephala, Terminalia calamansanai, Scheleinitschia novoguinensis* y *Glyricidia sepium* para hacer frente al barrenador de los brotes *Hypsipylla.* Espaciamiento: 3x4m o 3x5m. La especie más prometedora es *S.flexuosa.*

Soule, M.E. Ed. 1986. Conservation biology: science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Sunderland.
Mass., Estados Unidos.

Spears, J.S. 1985. Deforestation issues in developing countries. The case for an accelerated investment program. Proceedings of the Twelfth Commonwealth Forestry Conference. pp 47-59.
General: Aspectos económicos.

Sprent, J.I. 1985. Nitrogen fixation in arid environments. In: Plants for Arid Lands. George Allen and Unwin, London.
General: Suelos.
Datos relativos al coeficiente de nodulación de las plantas fijadoras de nitrógeno. En los suelos secos suele abundar el N en forma de nitrato. Las especies fijadoras de

nitrógeno que arraigan profundamente (*Prosopis*) pueden contribuir a que existan elevados niveles de nitrato a través de la mineralización de la hojarasca. Las leguminosas necesitan humedad y no fijan el nitrógeno cuando están bajo la influencia de factores adversos.

Squire, R.O. 1983. Review of second rotation silviculture of *Pinus radiata* in southern Australia: Establishment and expectations. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, August 1982. General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. of Agriculture Forest Service (1983), No. PNW-163.
Australia: Suelos.
La situación mejor de las masas forestales durante la segunda rotación, que se ha observado en los últimos años, se asocia con una mayor disponibilidad de agua (cobertera muerta) y de nutrientes (aplicación de fertilizantes, utilización de leguminosas y mantenimiento de los residuos de la corta). El nitrógeno puede favorecer una mayor eficacia en la utilización del agua por su efecto sobre los estomas.

Statham, P. 1990. The Sandalwood industry in Australia: a history. In: Proceedings of the Symposium on Sandalwood in the Pacific, April 1990, Honolulu, Hawaii. US Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PSW-122, pp 26-38.
Australia: Explotación.
Historia de la explotación del sándalo en Australia.

Steinbeck, K. and Skinner, T.M. 1984. Growing short-rotation forests in the southeastern USA. In. Bioenergy 84. Proceedings of Conference June 1984 Goteborg, Sweden. Vol II. Biomass Resources. Elsevier Applied Science Publishers.
Estados Unidos: Suelos.
Mezclas de *Platanus occidentalis* y *Liquidambar styraciflua* con las especies fijadoras de nitrógeno, *Alnus glutinosa* y *Robinia pseudoacacia*. Transcurridos cinco años, no se apreciaron diferencias en cuanto a los efectos de las especies arbóreas sobre los nutrientes del suelo, el pH y la materia orgánica. El volumen de N en el suelo no había aumentado, probablemente a causa del rápido crecimiento de *R. pseudoacacia* y de la escasa supervivencia de *A. glutinosa*.

Streets, R.J. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Clarendon Press, Oxford,
General: Ordenación.

Styles, B.T. 1991. Comunicación.

Sweet, G.B. and Burdon, R.D. 1983. The radiata pine monoculture: an examination of the ideologies. New Zealand Journal of Forestry 28 (3): 325-326.
Nueva Zelandia: General.

Tasmania Forestry Commission 1989. Forest Practices Code (draft). Forestry Commission, Tasmania, pp 89.
Australia: Ordenación.
Normativa pormenorizada por la que se rige la explotación de los bosques autóctonos.

Tham, A. 1988. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Yield Research, Report 23.
Suecia: Rendimiento. Ordenación.

El rendimiento total más elevado se consiguió al mezclar el abeto conabedul, con una densidad de 800 abedules por ha. Cuando la densidad era más elevada, la producción de abetos era menor que en los rodales puros. Se recomienda una densidad de 500-600 abedules/ha. Los abedules deben conservarse durante 20-30 años.

Thomas, J.W. 1979. Wildlife habitats in managed forests, the Blue Mountains of Oregon and Washington. Agric. Handbook No. 533, pp 512. USDA: Forest Service.

Tisseverasinghe, A.E.K. and Satchithananthan, S. 1957. The management of Sundapola plantation. Ceylon forester 3 (1): 82-93.
Sri Lanka: Ordenación. Rendimiento.
Resumen de los datos procedentes de una plantación mezclada de 50 años de edad, formada por *Artocarpus integrifolius* y *Swietenia macrophylla.*

Tiwari, K.M. 1970. Interim results of intercropping miscellaneous species with main crop of taungya plantations of increase the productivity. Indian Forester 96 (9): 650-653.
India: Rendimiento.
Se han introducido especies de uso múltiple en los intervalos de las líneas de *Shorea robusta,* en las plantaciones taungya. En una rotación de cuatro años se consiguió un rendimiento adicional de aproximadamente 1 tonelada/ha/año. Entre las especies utilizadas figuran *Albizia procera, Bauhinia variegata, Cassia fistula* y *Ougenia oojensis.*

Tourney, J.W. 1947. Foundations of silviculture upon an ecological basis. John Wiley and sons.
General: Manual.
Manual en el que se analizan de forma pormenorizada las masas forestales mezcladas.

Tu, M.Z. and Yao, W.H. 1984. Studies on the influences of soil pH by different plant communities. Tropical and subtropical Forest Ecosystem, Ding Hu Shan Forest Ecosystem Station, China 2: 110-113.
China: Suelos.
El estudio realizado en 26 plantaciones permitió averiguar que la mezcla de leguminosas y no leguminosas aumentaba el pH. Los mejores resultados se obtuvieron con *Dalbergia odorifera* y *Cassia siamea.* Se recomienda plantar *Calamus tetradctylus* para aumentar el pH y los rendimientos.

Turner, J. 1983. Maintenance and improvement of forest productivity in Australia. In: IUFRO Symposium on Forest Site and Continuous Productivity, Seattle, Washington, August 1982. General Technical Report, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Dept. of Agriculture Forest Service (1983), No. PNW-163.
Australia: Suelos. Ordenación.
Se describen las actividades silvícolas (preparación de la estación, deshierbe, aplicación de fertilizantes) para aumentar la productividad. En la fase de establecimiento se obtienen aumentos importantes de la productividad.

Turvey, N.D., Attiwill, P.M., Cameron, J.N. and Smethurst, P.J. 1984. Growth of planted pine trees in response to variation in the densities of naturally regenerated acacias. Forest Ecology and Management (7): 103-107.
Australia: Suelos. Ordenación.
No se detectaron repercusiones positivas en cuanto al crecimiento del pino. Se considera que tal vez la acacia no es la especie fijadora de nitrógeno más adecuada.

Uhart, E. 1962 *Le reboisement et le développement de Madagascar.* Bois et forêt des tropiques No. 83: 15-29.

Madagascar: Ordenación.
Se analiza la política de repoblación forestal en Madagascar.

Un, C.R., Bing, J.Y. and Yung, N.Y. 1979. Study in mixed planting. Quarterly Journal of Chinese Forestry.
China: Ordenación.
Mezcla de *Taiwania cryiptomerioides* y *Paulownia taiwania*.

Velez, R. 1991. *Uso del fuego en silvicultura.* Paper, Theme 5.2, 10th World Forestry Congress, Paris, 1991. Proceedings Vol. 2: 461-470.
General: Incendios.

Villamar, C.A. 1979. Silvipasture establishment for range type production of water buffalo. Sylvatrop Phillipine Forest Research Journal 4 (1), pp 17-21.
Filipinas: Ordenación.
Plantación de *Leucaena leucocephala* (1 360/ha, supervivencia del 82%) y *Gmelina arborea* (202/ha, supervivencia del 52%) en praderas de *Stylosanthes guyanensis* y *Themeda triandra*.

Vink, A.T. 1970. Forestry in Suriname. Landbosbeheer, Suriname Forest Service.
Suriname: Ordenación.
Se describen sistemas intensivos de plantación de mejora y por fajas.

Voogd, C.N.A. de 1928. *Over junstmatige menging van djati net wildhout.* (On artificial mixing of teak.) Tectona 21: 527-533. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 612.
Indonesia: Ordenacion.
La mezcla con especies que crecen inmediatamente bajo los árboles de teca puede reportar ventajas. Es necesario que las especies mezcladas conserven el verdor durante la estación seca, que crezcan fácilmente y ofrezcan un producto comercializable.

Voron, P. 1979. The effect of industrial air pollution on the health of forest plantation in the Carpathian foothills. Lesovodstvo i Agrolesomeiioratsiya 53: 53-57.
URSS: Medio ambiente.
En un estudio sobre las repercusiones de la contaminación, las masas mezcladas eran más resistentes que las masas puras.

Waage, J. 1990. Exploration of biological control agents of *Leucaena Psyllid* in tropical America. F/FRED Coordinating Unit, Bangkok, pp 144-152.
América Central: Plagas.
Descripción de los insectos y sus depredadores en la zona geográfica autóctona.

Watt, A. 1990. Insect pest population dynamics effects of tree species diversity. In: Ecology of Mixed Species Stands of Trees. British Ecological Society and IUFRO Div 2.01 Symposium, Edinburgh.
Reino Unido: Medio ambiente, plagas y enfermedades.

Way, M.J. 1977. Pest and disease status in mixed stands vs. monocultures; the relevance of ecosystem stability. In: The Origin of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems. pp 127-138, Blackwell, Oxford.
Medio Ambiente: plagas y enfermedades.
Se subraya que la diversidad no es, en sí misma, una garantía frente a las plagas y enfermedades. La diversidad puede hacer disminuir la incidencia de los ataques al proporcionar camuflaje, barreras, riesgos o huéspedes alternativos.

Wepf, W. 1955. *Het begrip manging in djaticulturen.* (Mixing in teak plantations.) Tectona 43: 290-294. Noted in Indonesian Forestry Abstracts, PUDOC, Wageningen, 1982. Abstract 596.
Indonesia: Ordenación.

El objetivo de la mezcla ha de ser la formación de un sotobosque exuberante. Hay que utilizar la comunidad vegetal natural.

Whitehead, D. 1981. An ecological overview of plantation forestry. New Zealand Journal of Forestry 26 (1): 14-19.
Nueva Zelandia: Medio ambiente, ecología.
Se analizan los riesgos ecológicos de las plantaciones forestales. Se concluye que algunos de los juicios críticos que se expresan sobre las plantaciones forestales son injustificados.

Whitehead, D. 1982. Ecological aspects of natural and plantation forests. Forestry Abstracts 143 (10): 615-624.
Nueva Zelandia: Medio Ambiente, ecología.
El hecho de que exista una gran diversidad no redunda siempre en un nivel elevado de estabilidad y productividad. Existen ejemplos de masas puras con estructuras estables.

Whitmore, J.L. 1973. Myths regarding Hypsipyla and its host plants. In: First Symposium on Integrated Control of Hypsipyla. IICA-CTEI-Turrialba, Costa Rica.
Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Hacen falta estudios cuantitativos para saber si los plantones que disfrutan de menos sombra son atacados por *Hypsipyla*, y en qué medida.

Whitmore, J.L. 1991. Comunicación.

Whitmore, T.C. 1984. Tropical Rain Forests of the Far East (2nd ed.). Oxford University Press (UK), pp 352.
Lejano Oriente: Ecología.
Manual de la ecología de los bosques hidrofíticos.

Wilcox, B.A. 1982. *In situ* conservation of genetic resources: determinants of minimum area requirements. In: World National Parks Congress, Bali 18-30.
Nuevas directrices.

Wilde, S.A. 1964. Changes in soil productivity induced by pine plantations. Soil Science 97: 276-278
Estados Unidos: Suelos.
Análisis de 156 rodales de *Pinus banksiana, P. resinosa* y *P. strobus*, de entre 10 y 50 años de edad. El mejor indicador de la fertilidad del suelo repoblado es, con mucho, el contenido de materia orgánica, que guarda estrecha relación con la CIC y el contenido total de N. Por lo general, a partir de los 35-40 años, las masas de pinos corrigen temporalmente las deficiencias del suelo causadas por las actividades de extracción, el clima, etc..

Will G.M. 1964. Dry matter production and nutrient uptake by *Pinus radiata* in New Zealand. Commonwealth Forestry Review 43: 57-70.
Nueva Zelandia: Suelos. Rendimiento.
Enraizamiento hasta 6 m en suelos de piedra pómez. La elevada tasa de crecimiento se atribuye a las cuantiosas precipitaciones (1 500 mm) y a la gran cantidad de energía solar. El incremento anual de materia seca es de entre 20 t/ha (calidad de estación II) y 45 tonedas (calidad I). El crecimiento máximo tiene lugar durante los 10 primeros años y, posteriormente, no es necesario aplicar fertilizantes pues la descomposición de la hojarasca y de los restos de corta bastan para cubrir la mayor parte de las necesidades de los árboles.

Will, G.M. and Ballard, R. 1976. Radiata pine soil degrader or improver? New Zealand Journal of Forestry 21 (2): 248-252.
Nueva Zelandia: Suelos.

En los lugares en que se ha observado un deterioro de las condiciones del suelo en masas puras de coníferas, ha sido causado por problemas de gestión y de explotación. Esta situación puede remediarse mediante la aplicación de fertilizantes.

Williamson, M. 1990. War and forests: South Viet Nam. New Zealand Forestry: 18-21.
Viet Nam: Ordenación.
Dipterocarpáceas *(Dipterocarpus alatus* y *Hopea odorata)* bajo un cultivo protector de *Acacia auriculiformis.*

Wilson, E.O. (Ed). 1988. Biodiversity. National Academic Press, Washington, D.C. 521 pp.

Wilson, W.L. and Johns, A.D. 1982. Diversity and abundance of selected animal species in undisturbed forest, selectively logged forest and plantations in East Kalimantan, Indonesia. Biological Conservation 24: 205-218.
Indonesia: Fauna silvestre.
Pequeñas plantaciones (de seis a 24 meses de edad) de *Pinus, Eucalyptus, Gmelina, Anthocephalus* y *Paraseriantes*. La fauna silvestre que vive en las plantaciones procede del bosque circundante. Pocos animales pueden sobrevivir en un monocultivo.

Wilten, W. 1955. *Aspects de la sylviculture au Mayumbe.* Bull. Agric. Congo-Belge Vol 46 (2): 319-328.
Zaire: Ordenación, regeneración.
Se explican métodos de crecimiento de *Terminalia superba.*

Wimbush, S.H. 1945. The management of cypress plantations in Kenya. Forest Department of Kenya, Pamphlet No. 11.
Kenya: Ordenación. Medio ambiente, plagas y enfermedades.
Riesgos que entrañan las plantaciones puras de cipreses. Se recomienda mezclar el ciprés con especies de frondosas. Una de las especies recomendadas es *Grevillea robusta*. Se recomienda un régimen determinado.

Woinarsky, J.C.Z. 1979. Birds of a eucalyptus plantation and adjacent natural forest. Australian Forester Vol. 42 (4): 243-247.
Australia: Fauna silvestre.
Comparación de la diversidad en una plantación de *Eucalyptus botryoides* y un bosque natural contiguo de *Eucalyptus dives* mezclado con otras especies. La diversidad era algo mayor en el bosque natural.

Wood, P.J. and Dawkins, H.C. 1971. Forest monocultures in the tropics - ecological anxieties. Mimeographed Report, Oxford Forestry Institute Library, pp 3.
Los trópicos: Ordenación.
El establecimiento de plantaciones es poco frecuente en los bosques poliespecíficos. La erosión puede ser un problema grave en los suelos arenosos. En las plantaciones de árboles de raíces profundas la transpiración de agua es mayor que en las praderas, pero las consecuencias del pastoreo, el pisoteo y la quema tienen más trascendencia que el tipo de cubierta vegetal. La exclusión de animales silvestres de gran tamaño provoca un exceso de concentración en otras partes.

Wuelisch, G. von, Muhs, H.J. and Gebarek, T. 1990. Competitive behaviour of clones of *Picea abies* in monoclonal mosaics vs. intimate clonal mixtures. Scandinavian Journal of Forest Research, 5 (3): 397-402.
Alemania: Rendimiento.
Examen del efecto competitivo de clones de diferentes procedencias en masas monoclonales o mezcladas. Se detectaron diferencias competitivas. Las reacciones competitivas positivas pueden aumentar los rendimientos y reducir los riesgos mediante la diversidad genética.

Young, A. 1976. Tropical Soils and Soil Survey. Cambridge University Press (UK).
Los trópicos: Suelos.
Manual sobre los suelos tropicales.

Zhai, M.P., Xia, Z.Y. and Cao, Y.Y. 1987. Element contents and their annual and seasonal variations in the leaves of trees in *Pinus tabulaeformis* plantations. Scientia Sinicae 23 (3): 286-298.
China: Suelos.
Los niveles de N, P, K, Ca y Mg eran entre un 5 y un 317 por ciento más elevados en las hojas de *Acer truncatum* que en las del pino. La conclusión es que el arce crece satisfactoriamente en mezcla con el pino.

Zhang Xian, Xu Guang, Zhen Hong, Zhon Xu and Zhon Chong. 1980. Repeated planting of *Cunninghamia lanceolata* and soil toxicity. In: Ecological studies on the artificial *C. lanceolata* forests. Institute of Forestry and Pedology. Academia Sineca.
China: Suelos.
La plantación repetida de *C. lanceolata* produce la "enfermedad del suelo" que se atribuye a "una actividad más intensa sobre la oxidación de determinados compuestos de polifenol que contienen metoxil".

Zwaan, J.C. de. 1981. The silviculture of blackwood (*Acacia melanoxylon*). South African Forestry Journal 121: 38-43.
Sudáfrica: Ordenación.
Examen del comportamiento y las necesidades de la acacia negra. Ensayo de mezcla con *Pinus radiata,* porque se pensaba que dicha especie enraizaba más profundamente y era más resistente al viento, pero demostró ser igualmente vulnerable. Las mezclas de acacia negra/eucalipto (*E. diversicolor* y *E. microcorys)* también fracasaron; sobrevino la eliminación de la acacia.

Zwolinski, J.B. 1990. Intensive silviculture and yield stability in tree plantations: an ecological perspective. South African Forestry Journal 155: 33-36.
General: Medio ambiente, ecología.
Sitúa la silvicultura de las plantaciones en un contexto ecológico y recomienda algunas prácticas idóneas desde el punto de vista ecológico.

APENDICE 2

SUELOS

Una de las principales preocupaciones que suscita el establecimiento de plantaciones monoespecíficas es la de que causan pérdida de fertilidad y degradación del suelo. Por ello, parece conveniente examinar detalladamente las características más destacadas de los suelos de los trópicos y subtrópicos en los que se realizan las actividades de forestación, así como la interacción entre las masas forestales y el suelo.

Características de los suelos tropicales

En las zonas tropicales, como en otros lugares, se destinan al establecimiento de plantaciones forestales las tierras que no son adecuadas para el cultivo o que han resultado degradadas como consecuencia de unas prácticas agrícolas inapropiadas. Dichos suelos presentan algunas características comunes.

Los ferralsoles y acrisoles, que representan el 37 por ciento de los suelos tropicales, son los grupos de suelos predominantes en los trópicos. Se trata de suelos antiguos, con frecuencia profundos, pero sometidos a una intensa meteorización y que, por ende, carecen de minerales primarios que proporcionan las reservas de nutrientes necesarios para la vida vegetal. Sufren pérdidas de elementos nutritivos, particularmente en los lugares donde las precipitaciones son intensas, y poseen un elevado grado de acidez, lo que influye negativamente en la capacidad de la capa superficial del suelo para conservar nutrientes de manera que puedan ser utilizados por las plantas. Sin embargo, cuando la vegetación forestal no ha sido alterada, estos suelos pueden sustentar una densidad importante de vegetación en las zonas de precipitaciones abundantes, ya que la rápida descomposición y mineralización de la hojarasca de la superficie hacen que existan nutrientes disueltos en la capa superficial del suelo. Incluso en las fases más áridas de dichos suelos (*miombo* en Africa, *cerrado* en América del Sur), donde los incendios son frecuentes, se puede conservar la fertilidad si no se agota la materia orgánica del suelo.

La alteración de dichos lugares, ya sea para practicar la agricultura o establecer plantaciones forestales, puede perjudicar la estructura del suelo, particularmente si se utiliza maquinaria pesada para el desbroce. La exposición del suelo y la eliminación de materia orgánica, por ejemplo mediante la quema, perjudican la estructura del suelo y favorecen la pérdida de nutrientes por lixiviación.

Los arenosoles y regosoles constituyen un pequeño porcentaje de los suelos tropicales. Son suelos arenosos de textura gruesa con bajo contenido de elementos nutritivos y escasa capacidad de retención de agua. Por esa razón apenas se utilizan para las labores agrícolas y se pueden destinar, por consiguiente, al establecimiento de plantaciones forestales.

Los litosoles y la fase lítica (pedregosa y superficial) de otros suelos son comunes en los trópicos. Estos suelos sufren, frecuentemente, los efectos de las prácticas agrícolas inadecuadas en los terrenos de pendiente muy abrupta. Aunque no son apropiados para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en gran escala, las actividades forestales pueden ser el uso de la tierra más conveniente para rehabilitarlos. La acumulación de materia orgánica favorece la formación del suelo.

Los nitosoles, suelos tropicales de arcilla roja, son más fértiles que los ferralsoles y acrisoles y se dedican, generalmente, a la agricultura, pero en las tierras altas del Africa oriental se han establecido muchas plantaciones de coníferas en nitosoles que no son adecuados para la agricultura en razón de las pendientes pronunciadas, la altitud elevada y las bajas temperaturas. Aunque estos suelos son menos propensos a sufrir carencias de nutrientes, pueden resultar erosionados si se someten a prácticas inadecuadas.

Los vertisoles son suelos arcillosos, con frecuencia de color negruzco, y agrietados que se forman en lugares donde existe una estación seca prolongada, por ejemplo en el Deccan (India), Gezira (Sudán) y Kanoplains (Kenya). Aunque el contenido de nitrógeno y de potasio intercambiable es bajo, así como el fósforo disponible, poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico y son adecuados para la agricultura. No obstante, el elevado contenido de arcilla hace difícil trabajar este tipo de suelos, que, en consecuencia, pueden dedicarse al establecimiento de plantaciones forestales. El contenido de materia orgánica tiende a ser bajo.

Los cambisoles y luvisoles son suelos relativamente jóvenes y fértiles que se destinan preferentemente a usos agrícolas.

Elementos nutritivos del suelo

Generalmente, los dieciséis elementos químicos que, como es sabido, son esenciales para el crecimiento vegetal se agrupan en cuatro categorías (Young 1976).

Elementos — Oxígeno, hidrógeno y carbono que proceden del aire y del agua y que normalmente no se consideran elementos nutritivos.

			Forma disponible
Elementos nutritivos primarios	Nitrógeno	N	NH_4^+ y NO_3^-
	Fósforo	P	H_2PO_4
	Potasio	K	K
Elementos nutritivos secundarios	Calcio	Ca	Ca^{2+}
	Magnesio	Mg	Mg^{2+}
	Azufre	S	SO_4^{2-}
Oligoelementos	Hierro	Fe	Fe^{2+} Fe^{3+}
	Boro	B	Diversos aniones
	Zinc	Zn	Zn^{2+}
	Cobre	Cu	Cu^{2+}
	Manganeso	Mn	Mn^{2+}
	Molibdeno	Mo	MoO^{2-}
	Cloro	Cl	Cl^{-4}

Fuente: Young (1976)

El nitrógeno es el nutriente más frecuentemente deficitario en los trópicos. En su mayor parte, el nitrógeno del suelo procede de la mineralización de la materia orgánica. Las plantas no pueden asimilarlo en su forma orgánica y, por tanto, ha de ser transformado en nitrógeno inorgánico por los hongos y bacterias, a través de un proceso que consta de tres fases: descomposición en amoníaco (NH_3), conversión del catión amonio, mediante la acción

de bacterias nitrificantes, en ión nitrito (NO_3^-) y, posteriormente, en nitrato (NO_3^-), forma en la que es absorbido por las plantas. En esta forma es muy soluble y susceptible a la lixiviación y, por consiguiente, es necesario que exista una aportación constante de nitrógeno. Los posibles beneficios que pueden derivarse de la aplicación de dosis abundantes de fertilizante nitrogenado artificial se pierden en su mayor parte por efecto de la lixiviación.

La introducción del nitrógeno en el ciclo de nutrientes se debe a la acción de las bacterias fijadoras de nitrógeno, ya sea la *Azotobacter*, libre (rara en los trópicos) o la simbiótica *Rhizobium*, en las raíces de algunas leguminosas, y las bacterias no simbióticas en una variedad de géneros. El amoníaco fijado en el subsuelo puede favorecer la presencia de nitrógeno y se ha calculado que la lluvia puede aportar hasta 5 kg/ha/año (Ewell, 1986).

El fósforo es necesario para las plantas y está presente en el suelo en mucha menor cantidad que el nitrógeno. La mayor parte del fósforo existente en el suelo se halla en una forma que no es asimilable por las plantas, pero se transforma lentamente en una forma asimilable (el anión fosfato). Esa transformación se produce a un ritmo mucho más lento que aquel al que necesitan absorber el nutriente las plantaciones sanas, por lo cual el reciclado del fósforo en la materia orgánica es una contribución fundamental para la aportación de este nutriente. En muchos suelos, especialmente en los suelos ácidos, se plantea el problema de que el fósforo tiende a fijarse en las partículas de arcilla. El ritmo de liberación del fósforo es extraordinariamente lento y, aunque este elemento presenta la ventaja de que se mantiene durante un período largo, no está disponible en los momentos en que una planta en crecimiento necesita absorberlo rápidamente. Pero el fósforo orgánico se fija con menos facilidad que el fósforo inorgánico y por esta razón, entre otras, es importante mantener el contenido de materia orgánica del suelo.

El potasio es más abundante que el fósforo y el déficit de potasio es menos frecuente. Es absorbido por las plantas como el catión, es fácilmente lixiviado y puede ser deficitario en los suelos de los bosques hidrofíticos y en las sabanas de suelos arenosos.

El calcio y el magnesio son absorbidos como cationes y, por tanto, pueden ser deficitarios en suelos muy lixiviados.

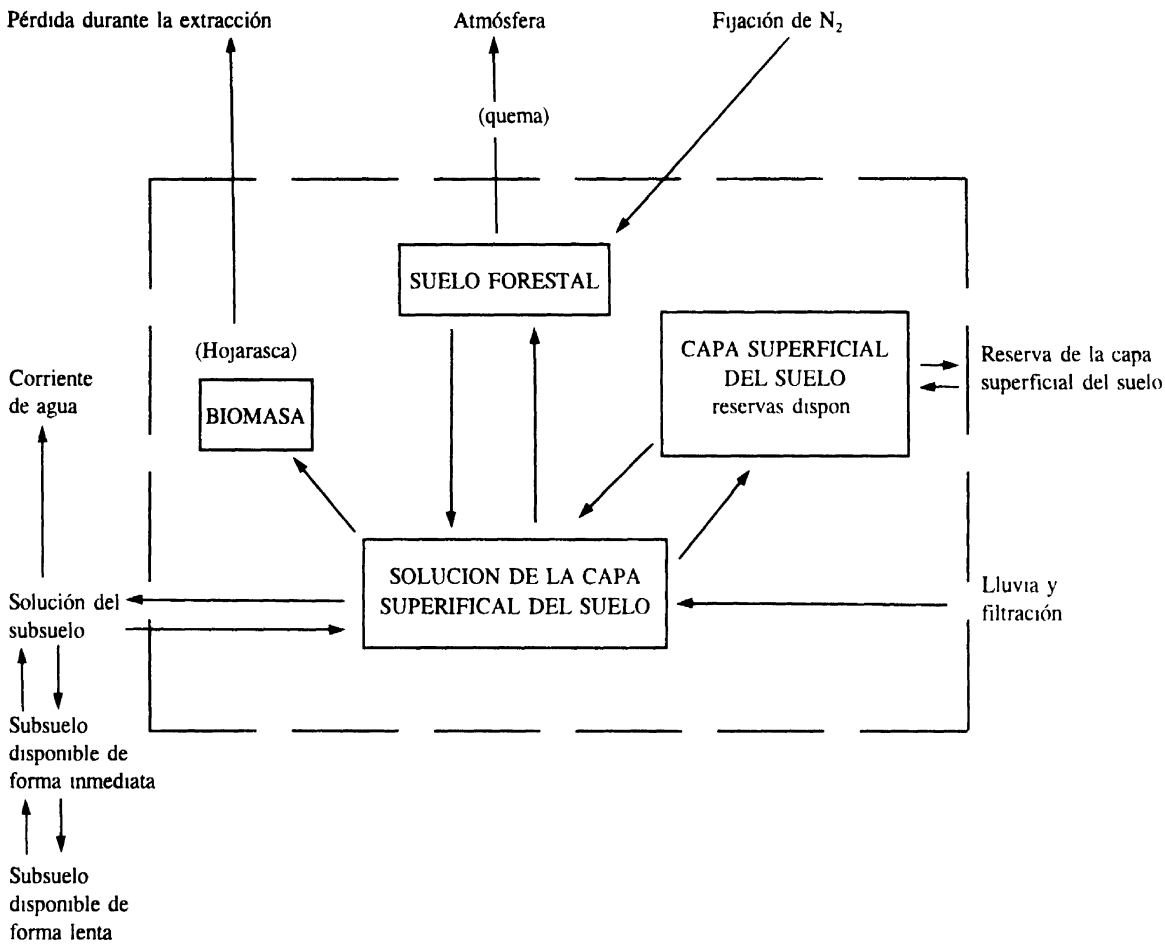
El azufre es absorbido como el anión y puede perderse por lixiviación y por volatilización durante el proceso de quema. Puede ser deficitario en los suelos en que hay escasez de materia orgánica.

La materia orgánica influye de manera decisiva en la disponibilidad y presencia de nutrientes en la solución de la capa superficial del suelo. Influye también en la estructura de los suelos y en su capacidad para retener la humedad. Existe una compleja interacción no sólo entre estos nutrientes (la deficiencia de fósforo inhibe la absorción de nitrógeno, etc; el exceso de calcio puede provocar clorosis al impedir la absorción de yodo), sino también entre el contenido de materia orgánica en los suelos, la disponibilidad de agua y los nutrientes.

Modelo de flujo de nutrientes del suelo

Para el análisis de la interacción de los cultivos y los suelos es útil contar con un modelo de los flujos de nutrientes. La Figura 1, elaborada a partir de las condiciones existentes en las plantaciones de pinos de Usutu, en Swazilandia, puede utilizarse como modelo general.

Figura 1 Modelo de flujo de nutrientes, Usutu, Swazilandia



Fuente· Morris (1986)

Lo que interesa principalmente al técnico forestal es el componente de biomasa (específicamente, la fracción de la biomasa correspondiente a los troncos de los árboles), pero en un régimen determinado de temperaturas, precipitaciones y de competencia, el crecimiento de la biomasa depende del suministro de nutrientes de la capa superficial del suelo. En un momento determinado, la cantidad de nutrientes que se encuentran en solución no es amplia en comparación con las reservas totales de nutrientes del suelo y, en particular, la cantidad de fósforo puede ser reducida en comparación con la que existen en la biomasa viva y muerta.

Cuadro 1 Nutrientes en la capa superficial del suelo

		N y P disponibles y K, Ca y Mg intercambiables				
		N	P	K	Ca	Mg
		(kg/ha)				
		Usutu, Swazilandia - pinos				
En capa superficial de 1 m	1ª rotación	3 170	5	828	288	456
	2ª rotación	2 789	7	842	279	342
Biomasa a los 17 años		551	73	383	238	88
Hojarasca	2ª rotación	2 122	113	130	308	146

Fuente: Morris (1986)

	Nigeria - *Gmelina arborea*				
En capa superficial de 1 m	1 215	2	12	347	57
Biomasa a los 14,5 años	157	12	337	66	93
Hojarasca	6	1	3	5	5

Fuente: Chijioke (1980)

	Nigeria - *Gmelina arborea*				
Reservas del suelo	1 725	54	-	3 491	1 508
Biomasa a los 10 años	960	371	-	2 425	614
Hojarasca	30	1	-	48	11

Fuente: Nwoboshi (1983)

En comparación con los nutrientes contenidos en la biomasa y la hojarasca conjuntamente, las cantidades de N y Ca disponibles en el suelo parecen suficientes; la proporción de K y Mg depende del lugar y de la especie, pero la cantidad de P disponible es muy escasa. Dichas cantidades y proporciones varían según los sitios y las especies, pero cabe inferir que la existencia de algunos nutrientes en solución, en especial P, pueden llegar a ser en muchos casos un factor limitador, especialmente en los momentos de máximo crecimiento durante la fase de desarrollo de las plantaciones. La existencia de elementos nutritivos disponibles en la capa superficial del suelo es de importancia crucial para conseguir el desarrollo satisfactorio de las plantaciones.

Las aportaciones de nutrientes proceden de

- Las precipitaciones y el efecto filtrante del follaje. Aunque dicho efecto era reducido en Usutu, se ha calculado para los trópicos una cifra general de 5-18 kg/ha/año de N y < 1kg/ha/año de P (Ewel, 1986).

- La meteorización de los minerales primarios y el movimiento del subsuelo a la capa superficial del suelo. Es difícil calcular las cantidades, que deben variar en función de la disponibilidad de minerales primarios en el subsuelo, pero el ritmo de sustitución es siempre lento. No parece que los nutrientes procedentes de esta fuente sean suficientes para compensar las pérdidas que producen las plantaciones forestales de rotación corta en suelos muy meteorizados.

- Fijación del nitrógeno. Este aspecto se analiza más detalladamente en un apartado posterior de este mismo Apéndice. En algunas estaciones tropicales se ha registrado la fijación de hasta 58 kg/ha/año de N. Este proceso aumenta de forma muy importante la disponibilidad de nitrógeno.

Las pérdidas en el sistema se producen con ocasión de

- La extracción de trozas durante la explotación. Dichas pérdidas pueden ser muy elevadas, pero se pueden reducir dejando ramas, ramitas, cortezas y hojas en la plantación.

Cuadro 2 Pérdida de nutrientes durante la extracción

	Años	N	P	K	Ca	Mg
				(kg/ha)		
Usutu pino	17 (1)	257	43	159	123	37
Nigeria Gmelina	6 (2)	182	38	136	108	51
Gmelina	14 (2)	138	11	169	155	52
Brasil pino	6	99	21	31	25	17
Nigeria Gmelina	10 (3)	754	282	-	2 174	528

Fuentes: (1) Morris (1986); (2) Chijioke (1980); (3) Nwboshi (1983)

Estas cifras muestran que las cantidades pueden variar según las especies y los lugares, pero se aprecia que las cantidades de nutrientes son elevadas.

Durante una rotación larga es posible reponer una gran parte de los nutrientes que se pierden durante la explotación mediante la fijación del nitrógeno y la meteorización del suelo de origen, pero una sucesión de rotaciones cortas agota los elementos nutritivos. El fósforo se acumula en concentraciones más elevadas en los troncos de los pinos jóvenes, por lo cual las rotaciones cortas causan un agotamiento mayor de las existencias de P.

- Quema de los restos de corta. Este proceso puede producirse en el momento del desbroce inicial y en cada cosecha. En Usutu se ha calculado la cuantía total de la pérdida de nutrientes. La quema de residuos produce un aumento inicial de algunos nutrientes (P, K, Ca, Mg) en forma de ceniza, pero N y S se volatilizan y se pierden. La mayor parte de los nutrientes liberados de la ceniza se pierden mediante lixiviación antes de que puedan ser utilizados por las plantas jóvenes.

Cuadro 3 Pérdida de nutrientes durante la quema - Usutu

	kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
Pinus patula a los 17 años	266	19	11	16	15

Fuente: Morris (1986)

- Lixiviación. En Usutu, se apreció que las pérdidas por lixiviación en el suelo forestal eran pequeñas (Morris, 1986), pero pueden ser importantes en los suelos arenosos y en las zonas con precipitaciones intensas, particularmente durante la fase de desbroce. Para reducir la lixiviación es útil mantener una cubierta vegetal, incluso la que se forma al invadir la vegetación autóctona los lugares desbrozados.

- La escorrentía puede producir la pérdida de cantidades importantes de suelo y de los nutrientes existentes en la capa superficial del suelo. En Trinidad, dicha pérdida puede ser de 153 toneladas/ha por año, lo que equivale a 1 cm de capa superficial del suelo (Bell, 1973). En cambio, en Usutu se consideró que la pérdida de nutrientes causada por la erosión y la escorrentía no era importante. (Morris, 1986).

Depósitos de nutrientes. El ciclo de los nutrientes

→ Solución en el suelo → Biomasa → Hojarasca → Solución en el suelo

tiene una gran importancia. Dado que la sustitución de los nutrientes en el ecosistema se produce a un ritmo lento, que en las operaciones de extracción y desbroce mediante el procedimiento de quema pueden producir grandes pérdidas y que la demanda puede ser variable, según la estación y la fase de desarrollo de la plantación, la función de la materia orgánica en la capa superficial del suelo es de enorme importancia. Si los nutrientes permanecen en la hojarasca y no están disponibles en la solución de la capa superficial del suelo, se producen carencias de nutrientes. Según los cálculos realizados en Usutu, el peso de los nutrientes en la hojarasca del suelo forestal en una plantación de 17 años de edad situada a 1 150 m de altitud era de N - 557, P - 30, K - 34, Ca - 81, y Mg - 38 kg/ha, mientras que a 1 450 m de altitud dichos valores se duplicaban aproximadamente. La tasa de producción de hojarasca era similar en ambos casos y, por tanto, la descomposición en la plantación situada a mayor altitud era muy lenta.

La función de los factores biológicos

Actividad de la microfauna

En las zonas templadas, la lombriz es probablemente la especie más investigada de la fauna del suelo. La lombriz cumple una importante función por lo que respecta a la fragmentación de la hojarasca y a su incorporación en la capa superficial del suelo. En Inglaterra, el número y peso de lombrices de tierra existentes en una población de abetos rojos se incrementó introduciendo alisos en la masa y, más todavía, añadiendo pinos; también aumentó la mineralización de N y P (Brown y Harrison, 1983). La lombriz abunda menos en los trópicos, donde su función la realizan en gran medida las termitas, que no sólo fragmentan la hojarasca sino que, además mineralizan los nutrientes contenidos en ella. Mientras que las lombrices producen una mezcla vertical de los suelos, las termitas crean una

concentración lateral de nutrientes en los termiteros, lo cual puede conllevar el agotamiento de la materia orgánica en los suelos forestales (Young, 1976; Trapnell, en Chaffey, 1978). Otras especies de microfauna -ciempiés, ácaros, escarabajos- fragmentan la hojarasca, facilitando su descomposición por la microflora. La actividad de la microfauna se ve profundamente afectada por los nutrientes de las hojas y por productos químicos como los fenoles. La inclusión en una masa pura de especies cuyas hojas son apreciadas por la microfauna favorece su actividad, que acelera la descomposición de la hojarasca y la incorporación de la materia orgánica en el suelo y, por consiguiente, el reciclado de los nutrientes. En Costa Rica, en una parcela en la que se simuló una mezcla de especies con una gran riqueza en la sucesión, el 50 por ciento, en peso, de hojarasca de *Cordia alliodora* (y el 50 por ciento de elementos distintos del nitrógeno y el azufre) se descompuso en un lapso de seis semanas; en una plantación pura después de 15 semanas sólo se había producido la descomposición del 22 por ciento, en peso, y menos del 50 por ciento de nutrientes (excepto el fósforo y el potasio) (Babbar y Ewel, 1989).

La microflora

Las bacterias tienen un gran efecto benéfico por lo que respecta a la descomposición de la materia orgánica y son esenciales en el ciclo del nitrógeno; también los hongos cumplen una función. Dentro de la microflora se producen antagonismos y la modificación de la condición del suelo forestal puede alterar el equilibrio microbiológico, favoreciendo a organismos antagonistas de las bacterias fijadoras del nitrógeno (Florence, 1967). En la zona sudoriental de los Estados Unidos, la conversión de masas de pinos/frondosas de hojas cortas en rodales puros de pino ha provocado la disminución del Ph, que, a su vez, puede haber inhibido la actividad de bacterias y actinomicetos antagonistas de *Phytophthora cinamoni*, lo cual constituye en este momento un problema para dichas masas forestales. Aparece también *Fomes annousus*, favorecida posiblemente por el pH menor de la hojarasca de pino (Florence, 1967). Es bien conocida la función simbiótica de las micorrizas para facilitar la absorción de nutrientes; *Suillus variagatus*, que aparece en *Pinus silvestris* pero no en el abeto rojo, puede degradar muy eficazmente las proteínas, dejando hasta el 87 por ciento en solución en el suelo, donde son absorbidas por el abeto rojo; esto puede explicar el mayor crecimiento del abeto rojo cuando se introduce el pino en el rodal (Ryan y Alexander, 1990). En Usutu, la forma y número de las micorrizas en P.patula cambiaba en las masas de la segunda rotación cuyo crecimiento se había frenado; la modificación de las micorrizas y la interrupción del crecimiento se atribuyeron a la acumulación de hojarasca, que podía haber causado la reducción de los nutrientes disponibles y el incremento de toxinas (Robinson, 1973).

La fijación del nitrógeno

En América del Norte se han documentado suficientemente el efecto de fijación del nitrógeno (Binkley, 1983, 1984, 1990; Binkley y Greene, 1983; Hansen y Dawson, 1982; Friederich y Dawson, 1984; Schlesinger y Williams, 1984). Generalmente, las especies utilizadas han sido el aliso (*Alnus rubra, A. sinuata* y *A. glutinosa*) y *Elaeagnus umbellata*, actuando sobre el abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), el nogal (*Juglans nigra*) y el álamo. Los efectos beneficiosos se han manifestado cuando aunque el nitrógeno era escaso, había una cantidad suficiente de otros nutrientes para que las especies fijadoras de nitrógeno pudieran crecer satisfactoriamente. Las leguminosas requieren humedad y cuando sufren la influencia de factores adversos no fijan el nitrógeno (Sprent, 1985), aunque se ha indicado que el aliso y *Robinia pseudocacia* pueden liberar nitrógeno en respuesta a la competencia

de otras especies (Dawson y otros, 1983; Friederich y Dawson, 1984). Tiene que existir una asociación estrecha entre la especie fijadora del nitrógeno y la especie benefactora y ha podido establecerse una relación entre el crecimiento y la cantidad de N fijado en la capa superficial del suelo (Paschke y otros, 1989). Sin embargo, se ha indicado (Ewel, 1986) que las especies fijadoras del nitrógeno consumen la mayor parte del nitrógeno que producen y sólo lo liberan a través de la hojarasca y, en todo caso, se ha señalado que la hojarasca de *A. glutinosa* y *E. umbellata*, utilizada como cobertura muerta, favorece el crecimiento de los álamos en los suelos de pradera (Carlson y Dawson, 1984). Los datos existentes a este respecto son confusos. Hay pruebas, también, de que *Picea sitchensis* no respondió positivamente al incremento de nitrógeno (585 kg/ha) aportado por *A. glutinosa* (Malcom y otros, 1985).

En los suelos ricos en nitrógeno, la presencia de plantas fijadoras del nitrógeno puede ser muy perjudicial porque compiten por la luz, la humedad y otros nutrientes. En Australia, la introducción de acacias en rodales de *P. radiata* y *P. elliottii* en suelos podzólicos causó una reducción del crecimiento al aumentar la competencia, aun cuando los suelos tenían escasez de N (Turvey y otros, 1984). En cambio, se consideró que *Daviesia mimosoides*, bajo una cobertura natural de *Eucalyptus dives* y *E. diversicolor* en suelos krazonzem rojos, en tierras montañosas expuestas, favorecía el crecimiento, pese a que *D. mimosoides* tenía tan sólo un 50 por ciento de nodulación y fijaba únicamente de 4 a 7 kg de N por ha y año (McColl y Edmons, 1983).

En Hawai, existe un ejemplo bien documentado de los beneficios que produce la introducción de especies fijadoras del nitrógeno (*Albizia falcataria* y *Acacia melanoxylon*) en plantaciones de *Eucalyptus saligna*, en una plantación de caña de azúcar abandonada (DeBell y otros, 1985, 1987, 1989). En un lugar que recibía unas precipitaciones de 5 000 mm aumentó la cantidad de nitrógeno en la capa superficial del suelo y el crecimiento de la masa de eucaliptos fue importante, mientras que en un lugar seco no se registró ningún efecto beneficioso y en otros se produjo la muerte de *Albizia*. De los Niligiris, en la India, procede un testimonio menos fiable del efecto beneficioso de *Acacia menziesii* cuando crece bajo una cobertura de *Eucalyptus globulus* (Samraj y otros, 1977). Se ha propuesto la introducción de leguminosas, *Erythrina, Gliricidia, Acacia auriculiformis, A. crassiocarpa y A. polystachya* en plantaciones de eucaliptos cerca de Chittagong, en Bangladesh (Davidson, 1986), pero no se tiene constancia de que se haya producido efecto alguno.

Frecuentemente, la fijación del nitrógeno se asocia con las leguminosas, aunque la nodulación sólo es esporádica en las *Caesalpiniodeaea* (Sprent, 1985), pero de hecho la fijación no simbiótica del nitrógeno (nódulos del tipo de los que tienen los alisos) se ha registrado en casi 200 especies de 20 géneros distintos de leguminosas, incluidas 24 especies de *Casuarina*, probablemente las especies más significativas por lo que respecta a los trópicos (Bond, 1983). La cantidad de nitrógeno fijado variaba considerablemente.

Cuadro 4 Cantidad de nitrógeno fijado por algunas especies

	kg/ha/año	
Casuarina equisetifolia en el Norte de Africa	58	(Kormanik, 1979)
Elaeagnus umbellata	178	(Paschke y otros, 1983)
Acacia holosericea	6,4	(McColl y otros, 1983)
A. pulchella var. *glaberrima*	2,2	
A. mearnsii	0,8	
A. verniciflua	32	(Turvey y otros, 1984)

Alelopatía

La inhibición del crecimiento de una especie por los exudados de otra es un fenómeno relativamente raro, pero se ha señalado que la juglona procedente del nogal produce dicho efecto (von Alten, 1968). En Indonesia, se han señalado varios casos de especies, como *Leucaena leucocephala* y *Swietenia macrophylla*, que no crecían satisfactoriamente bajo una cubierta de *Melaleuca leucadendron* y se consideró que la alelopatía podía ser una de las causas de dicho fenómeno. En Australia, se ha registrado la inhibición de la germinación de plántulas de *Grevillea robusta* en una masa de árboles viejos de la misma especie (Florence y Lamb, 1974).

Carencia de nutrientes

Según el tipo de suelo, el clima, el método de establecimiento de la masa forestal y la naturaleza de la misma puede producirse la carencia de algún nutriente. En los trópicos, es muy probable que exista una carencia de N, P, K y posiblemente Ca (Lundgren, 1980). La disponibilidad de nutrientes en solución en el suelo puede ser reducida en relación con las necesidades de la biomasa. Dado que la obtención de nitrógeno y fósforo a partir de las reservas del suelo es un proceso lento, el reciclado de la hojarasca es una fuente importante de dichos nutrientes. Las necesidades de la biomasa y la absorción de los nutrientes que se encuentran en solución varían en función de la fase de desarrollo de la masa forestal.

Tomando como ejemplo las plantaciones de pino de Usutu:

- Al comienzo de cada rotación, la exposición de la hojarasca después de la extracción produce la descomposición rápida de la materia orgánica y una abundancia de nutrientes, pero las plántulas poseen un escaso volumen radicular y pueden sufrir carencia de nutrientes, particularmente de P y K; al mismo tiempo, se produce la lixiviación de los nutrientes disponibles.
- Hasta la edad de siete años, las necesidades de nutrientes para mantener la producción de biomasa aumenta rápidamente y puede existir escasez de K.
- Entre los siete y 12 años de edad, siguen siendo elevadas las necesidades para la producción de biomasa pero comienza a acumularse la hojarasca y, si la descomposición es lenta, el ciclo de los nutrientes puede ser ineficaz, produciéndose carencia de P.
- A partir de los 12 años de edad, las necesidades de la biomasa permanecen constantes pero continúa acumulándose la hojarasca; puede haber carencia de N y P y, en zonas de altitud más elevada, también de Ca.

La mezcla de especies puede ser útil (aunque no necesariamente en Usutu).

- En el momento del establecimiento, puede ser útil utilizar otra especie de relleno que absorba el exceso de nutrientes y favorezca su reciclado; dicho efecto puede conseguirse permitiendo el crecimiento de maleza o estableciendo una cubierta vegetal;
- para contribuir a la descomposición de la cubierta de acículas existente bajo los pinos a partir de los siete años de edad; ello puede conseguirse con una menor densidad de las masas forestales y favoreciendo la formación de un piso natural inferior.

Chijioke, 1980, ha llevado a cabo una comparación entre los bosques autóctonos y las plantaciones de *Gmelina* en Nigeria y entre bosques autóctonos y plantaciones de pino y *Gmelina* en América del Sur. Dicho autor no ha podido demostrar que las plantaciones monoespecíficas agoten más rápidamente las reservas de nutrientes del suelo que las plantaciones mezcladas, cuando la producción de biomasa, la duración de la rotación y el porcentaje de árboles extraídos durante la explotación son factores constantes. A pesar de que las masas de *Gmelina* y de pinos inmovilizaban grandes cantidades de N, los niveles de este nutriente en el suelo eran óptimos y las operaciones de extracción no representaban un problema a este respecto. Podía producirse una carencia de K, inmovilizado en mayor cantidad y, posiblemente, de P.

En Kenya, se realizaron mediciones para comparar los suelos de las masas de coníferas de segunda y tercera generación y los de bosques autóctonos (Robinson, 1967; Robinson y otros, 1966). Aunque no se obtuvieron resultados concluyentes, sólo pudo detectarse una ligera disminución de la disponibilidad de nutrientes en las plantaciones de cipreses y pinos y algunos datos indicaban que la disminución de la disponibilidad de nutrientes se producía durante la fase de establecimiento de cada rotación como consecuencia de la aplicación del sistema *taungya*. En cambio, la fertilidad aumentaba en el período en que los árboles se hallaban en el suelo. En un caso, la densidad aparente había disminuido y el pH había aumentado en las plantaciones, lo que indicaba una mejora general de las condiciones del suelo.

APENDICE 3

MEZCLAS DE ESPECIES

A continuación se ofrece un recuento bastante completo de las mezclas que se han encontrado en las publicaciones consultadas. Cuando es posible se indica si la mezcla ha dado buen resultado. De hecho, la mayor parte de las mezclas enumeradas tienen carácter experimental. Se considera que las mezclas de especies que figuran a continuación se han utilizado con carácter general.

Queensland

Araucaria cunninghamii — Pinos

Se ha dejado de utilizar

Viet Nam

Eucalyptus tereticornis y — *Acacia auriculiformis*

Se cree que se han establecido más de 10 000 ha, pero no se dispone de información sobre el éxito alcanzado

Kenya

Cipres — *Grevillea robusta*

Dejó de realizarse a mediados de los años 50

Togo

Eucalyptus torelliana — *E. tereticornis*

Se realizó de forma satisfactoria

Sri Lanka

Swietenia macrophylla — *Tectona grandis*
Artocarpus integrifolius

Se realizó de forma muy satisfactoria en Sundapola

En muchos países tropicales es práctica habitual utilizar especies protectoras que den sombra a las caobas. En el Africa occidental, este sistema ya no se utiliza en los países francófonos, pero sí en Nigeria.

Indonesia

Teca — *Leucaena leucocephala* utilizada como especie protectora para establecer la teca

En la actualidad se encuentra gravemente afectada por los ataques de *Heteropsylla cubana*

ESPECIE PRINCIPAL	SECUNDARIA (Protectora)	FUENTE
AUSTRALIA - Queensland		
Araucaria cunninghamii	*Pinus elliottii*	**Nielsen 1991**
La plantación de *Araucaria* bajo *Pinus elliottii* permitió obtener un crecimiento más satisfactorio (mayor absorción de nitrógeno)		
	P. taeda, P. patula	
A.bidwillii	*P. elliottii*	**Nielsen, 1991**
- Victoria		
Flindersia brayleyana	*Araucaria cunninghamii*	
F. brayleyana se recuperó hasta formar una masa cuando fue liberada		

E. sieberi y *Acacia longifolia* **Smith y otros, 1989**; también

E. botryoides y *E. sideroxylon*
efecto beneficioso sobre el crecimiento en altura de *Eucalyptus*

Pinus radiata *Acacia spp* **Turvey y otros, 1984**
o
Pinus elliottii
Se investigó el efecto de la acacia regenerada de forma natural. No se identificó ningún efecto positivo

BANGLADESH

Calamus spp *Shorea robusta* **Davidson, 1986**
Pinus oocarpa

BRASIL

Eucalyptus urophylla *Leucaena leucocephala* **Moraes de Jesus, 1989**
Piptadenia macrocarpa **Garrido y Poggiani, 1979**
Astronium urundeuva
Moqinia polymorpha
Colubrina rufa
Tabebuia impetiginosa

Novais y Poggiani

Pinus caribaea v. hondurensis *Liquidambar styraciflua*
La heterogeneidad del follaje parece acelerar la descomposición de la hojarasca y el ciclo de los nutrientes.

BURKINA FASO

Dalbergia sissoo *Eucalyptus tereticornis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1967. Los tratamientos han favorecido a *D. sissoo*

Eucalyptus camaldulensis *Gmelina arborea* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1980

BURUNDI

Eucalyptus grandis *Acacia elata* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1987. Escasa supervivencia de *A. elata*

CAMERUN

Khaya senegalensis *Dalbergia sissoo* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1986.

Azadirachta indica *Dalbergia sissoo* **CTFT, 1991**
Khaya senegalensis
Experimento realizado en 1983.

Kaya senegalensis *Eucalyptus camaldulensis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1983. Escasa supervivencia de *Khaya*

Pinus elliottii *Entandrophragma cylindricum* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1975. 90 % de *Pinus*

Entandrophragma cylindricum *Pinus elliottii* **CTFT, 1991**
Entandrophragma cylindricum *Mansonia altissima*
Experimento realizado en 1975. En 1977, *P. elliottii* fue sustituida por *M. altissima*. El crecimiento fue lento y la supervivencia elevada en el caso de *E. cylindricum*

CHINA

Eucalyptus exserta y *Acacia auriculiformis* **Barnes, 1991**

CONGO

Acacia auriculiformis *Eucalyptus tereticornis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1984

Araucaria hunsteinii *Pinus caribaea* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1980. Se constataron diferencias constantes de altura.

Entandrophragma angolense *Letestua durissima* **CTFT, 1991**
Acacia auriculiformis
Experimento realizado en 1982 Buena condición, pero escaso crecimiento de *A. auriculiformis*

Tectona grandis *Terminalia superba* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1988. Mezcla individual.

COTE D'IVOIRE

Aucoumea klaineana *Tarrietia utilis* **CTFT, 1991**
Khaya ivorensis "
Tieghemella heckelii "
Experimento realizado en 1964. *T. utilis* es la especie protectora. *T. utilis* crece de forma satisfactoria. Se ha señalado un rápido crecimiento de *T. heckelii* en suelos arenosos.

Gmelina arborea *Acacia auriculiformis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1985. Fuertes ataques de insectos.

Triplochiton scleroxylon *Gmelina arborea* **CTFT, 1991**
Khaya ivorensis
Chlorophora spp.
Mansonia altissima
Los experimentos con *Gmelina arborea* se realizaron en 1961 y los restantes en 1928.

Terminalia ivorensis *Cedrela odorata* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1977. *C. odorata* sofoca a *T. ivorensis*.

Khaya grandifoliola *Cedrela odorata* **CTFT, 1991**
Khaya ivorensis
Khaya senegalensis

Experimentos realizados en 1977. *Cedrela* es la especie protectora y crece más rápidamente. El crecimiento de *K. senegalensis* no es satisfactorio.

Aucoumea klaineana *Tarrietia utilis* **CTFT, 1991**
Khaya ivorensis
Experimento realizado en 1965. Mientras que los resultados de *K. ivorensis* son prometedores, no lo son los de *A. klaineana*.

Triplochiton scleroxylon *Tectona grandis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1961.

Terminalia ivorensis *Terminalia superba* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1981. Las perspectivas de esta mezcla son buenas.

Terminalia ivorensis *Cedrela odorata* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1965. Mezcla individual con una baja densidad en un bosque de árboles anillados con veneno. La baja densidad tiene efectos negativos en la conformación del fuste de *Cedrela*.

Khaya senegalensis *Terminalia ivorensis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1965. Se plantaron 64 árboles por hectárea.

Terminalia ivorensis *Entandrophragma utile* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1965. Se plantaron 41 árboles por hectárea en un bosque de árboles anillados con veneno.

Terminalia ivorensis *Terminalia superba* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1977. Mezcla por líneas. Aclareo por entresaca en 1980 y 1982. Se plantaron 252 ejemplares de *T. ivorensis* y 160 de *T. superba* por hectárea.

Cedrela odorata *Terminalia ivorensis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1965. Mezcla individual

Triplochiton scleroxylon *Khaya ivorensis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1964. Mezcla individual

Tieghemella spp. *Triplochiton scleroxylon* **CTFT, 1991**
Khaya ivorensis
Experimento realizado en 1964. Mezcla individual con *Khaya* o *Tieghemella*

Cedrela odorata *Gmelina arborea* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1976. Mezcla por líneas. Al cabo de cuatro años *C. odorata* era codominante

Khaya ivorensis *Tarrietia utilis* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1963. Mezcla prometedora.

Triplochiton scleroxylon *Terminalia superba* **CTFT, 1991**
Experimento realizado en 1963.

Khaya ivorensis *Tarrietia utilis* **CTFT, 1991**
Khaya anthotheca
Experimento realizado en 1981.

Acacia auriculiformis	*Acacia mangium*	**CTFT, 1991**

Experimento realizado en 1985.

Acacia auriculiformis *Acacia mangium* *Casuarina equisetifolia*	*Cocos nucifera*	**CTFT, 1991**

Experimento realizado en 1985. Dos líneas de cada especie separadas por dos líneas de *C. nucifera*. El crecimiento mayor ha correspondido a *A. auriculiformis*.

FIJI

Cedrela odorata	*Leucaena leucocephala*	**Streets, 1962**
Tectona grandis	*Swietenia macrophylla*	**Streets, 1962**

GUYANA FRANCESA

Carapa procera *o* *Swietenia macrophylla* *o* *Swietenia mahogani*	*Gmelina arborea* *Neopometia spp.*	**CTFT, 1991**

Experimento realizado en 1978 Mezcla de un 10% de *Carapa* o *Swietenia* con especies no atacadas por *Hypsipyla* Escaso crecimiento de *Swietenia*.

HAWAII

Eucalyptus grandis) *Eucalyptus saligna)*	*(Albizia falcataria* *(Acacia melanoxylon*	**DeBell y otros, 1985**

El crecimiento de *A. melanoxylon* fue menos satisfactorio que el de *A. falcataria*

INDIA

Tectona grandis	*Dalbergia larifolia* *Tephrosia candida* *Cajanus* *Leucaena glauca* *Swietenia macrophylla* *Cedrela toona* *"Bamboo species"* *Pterocarpus marsupium* *Artocarpus hirsuta*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

Tephrosia es una especie del estrato dominado que parece eficaz si se introduce en el tercer año. La repoblación bajo cubierta de *S. macrophylla* en plantaciones de 37 años de edad no había dado buenos resultados y lo mismo ocurrió con *Cedrela toona*. *D. latifolia* crece mejor cuando se planta junto a la teca que cuando la mezcla se realiza en fajas

Terminalia myriocarpa	*Lagerstroemia flos-reginae*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

Acabaron formándose masas puras de *T. myriocarpa*, de crecimiento más rápido.

Lagerstroemia flos-reginae	*Mesua ferrea*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

Mezcla más satisfactoria que la combinación mencionada anteriormente.
M. ferrea, especie de sombra, ocupa el estrato inferior.

Dalbergia sissoo	*Eucalyptus* spp., *Morus nigra*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

Plantación de regadío en el Punjab. Grandes pérdidas de *M. nigra* debido a las heladas.

Tectona grandis	*Melocanna bambusoides* *Cephalostachyum pergracile* *Gmelina arborea* *Xylia dolabriformis* *Acacia catechu* *Dalbergia sissoo, Acacia catechu* *Dalbergia latifolia* *Pterocarpus marsupium* *Pterocarpus dahlbergioides* *Artocarpus hirsuta* *Swietenia macrophylla* *Bambusa tulda*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

En Chittagong Hill Tract, las mezclas de *M. bambusoides* y teca parecen haber dado buenos resultados económicos. Lo mismo puede afirmarse, tal vez, sobre las mezclas con *C. pergracile*. En cuanto a las mezclas de *T. grandis* y *G. arborea*, hay indicaciones de que ambas especies se neutralizan mutuamente. Esta mezcla no es deseable desde el punto de vista del ataque de los insectos. Generalmente, *X. dolabriformis* es dominada por la teca En las mezclas con *A. catechu* tiende a producirse una separación en grupos puros. La mezcla íntima de *T. grandis, A. catechu* y *D. sissoo* ha derivado en una mezcla de *T. grandis* y *D. sissoo*, que, según se señala, ha dado buenos resultados, aunque también hay indicaciones en el sentido contrario. Se ha observado que la mezcla con *A. hirsuta* es satisfactoria desde el punto de vista silvícola, aunque existen dudas acerca de su viabilidad económica. Los datos relativos a la mezcla con *P. dahlbergioides* indican que existe una gran probabilidad de que una especie suprima a la otra. Las masas mezcladas con *S. macrophylla* se consideran un fracaso: *S. macrophylla* es suprimida en los suelos buenos y viceversa. En las mezclas con *B. tulda* se registra la supresión de la teca.

Bombax malabricum	*Acacia catechu*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

Parece una mezcla rentable desde el punto de vista económico.

Dipterocarpus turbinatus	*Tephrosia candia*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

G. arborea iba a utilizarse como especie protectora. Es necesario llevar a cabo el aclareo de *Gmelina* antes de que alcance la dimensión comercial. Desde el punto de vista silvícola, esta mezcla ha dado resultados satisfactorios. Según los datos disponibles, las mezclas en fajas alternas han dado buen resultado.

Dipterocarpus turbinatus	*Tephrosia candia*	**Servicio Forestal Indio, 1934**

T. candida es la especie protectora. Se ha señalado que esta mezcla ha dado mejores resultados que la mezcla con *Gmelina arborea*

Acacia auriculiformis	)	**Ram Prasad y Camire, 1988**
A. campylacantha	)	
Gmelina arborea	)	
Eucalipto híbrido	)Bambú	
Pongamia pinnata	)	

Todas estas especies crecieron mejor mezcladas con el bambú, mientras que en el caso de *Albizia procera* se produjo la situación inversa.

Cinamomun zeylanicum	*Tectona grandis*	**Streets, 1962**
Dalbergia sissoo mezclada con varias especies autóctonas.		**Streets, 1962**

Eucalyptus globulus	*Acacia mearnsii*	**Samraj y otros, 1977**

Shorea robusta	*Grevillea pteridifolia*	**Ram Prasad, 1988**
	Eucalyptus camaldulensis	
	Toona ciliata	
	Pinus kesiya	

Swietenia macrophylla	*Tectona grandis*	**Streets, 1962**

Se ensayó la mezcla entre 1879 y 1896, pero se abandonó debido a los daños causados por *Hypsipyla* y por los ciervos

- Malabar

Swietenia macrophylla	*Tectona grandis*	**Streets, 1962**

Plantadas bajo una cubierta de *T. grandis* de 30 a 40 años de edad, en el aclareo final.

Terminalia arjuna con	*Casuarina equisetifolia*	**Streets, 1962**

- N. Bengal

Xylia dolobriformis	*Tectona grandis*	**Lahiri, 1987**
también *Schima wallichii*		
Chukrasia tabularis		
Michaelia champaca		

Leucaena leucocephala	*Acacia nilotica*	**Bhatia y Kapoor, 1984**

Se detectaron efectos positivos derivados de la mezcla.

INDONESIA

Pinus spp	*Pittospermium monticolum*	**Alphen de Veer, 1950b**
"	*Schima walichii*	
"	*Tarema incerta*	
"	*Eugenia spp.*	
"	*Quercus spp.*	
"	*Leucosyke spp.*	

Se recomendó la utilización de frondosas para constituir un estrato inferior en las plantaciones de coníferas establecidas para suministrar madera a una fábrica de pasta. En la mezcla debía utilizarse más de una especie.

Altingia excelsa	*Castanopsis tungurrest*	**Bakhoven 1930**
"	*Castanopsis javanica*	
"	*Podocarpus imbricata*	

Recomendaciones para establecer plantaciones distintas de la teca en las zonas montañosas.

Swietenia macrophylla	*Tectona grandis*	**Becking, 1928**
Tectona grandis	*Leucaena glauca*	**Becking, 1928**

Se señalan efectos positivos.

Tectona grandis	*Schleichera oleosa*	**Deventer, 1913**

Recomendación para establecer masas mezcladas de teca.

Tectona grandis	*Leucaena glauca*	**Eidmann, 1932**
"	*Antidesma bunius*	
"	*Pterocarpus indiensis*	
"	*Schoutenia ovata*	
"	*Cinnamomum iners*	
"	*Gluta renghas*	
"	*Eugenia subglauca*	
"	*Swietenia macrophylla*	
"	*Dalbergia latifolia*	

Investigación de plantación bajo cubierta. *L. glauca* es una especie adecuada para ello. Más apropiada incluso puede ser *D. latifolia*.

Cupressus spp.	*Myrica javanica*	**Harencarspel, 1908**
o	*Wenlandia rufescens*	
Casuarina spp.	*Wenlandia junghuniana*	
	Pittosporum ferrugine	
	Glochidion varium	
	Albizia falcataria	

Mezclas individuales con especies de *Cupressus* o *Casuarina*. Es preferible la mezcla por grupos, con especies que no alcanzan gran altura, a la mezcla individual.

Tectona grandis	*Leucaena glauca*	**Hart, 1930b**

Dicha mezcla sólo es satisfactoria en circunstancias especiales.

Santalum album	*Leucaena glauca*	**Kramer, 1925**

Una vez que las raíces de *S. album* alcanzaron a *Leucaena* crecieron de forma satisfactoria.

Tectona grandis *Leucaena glauca* **Kunst, 1918**
Se evitan los incendios, las mezclas crecen con gran vigor.
La mezcla natural es más fácil y mejor que la artificial.

Diospyros celebica *Tectona grandis* **Alrasjid, 1985**

Swietenia macrophylla) **Siregar y otros, 1986**
Aleurites moluccana)
Spathodea campanulata)
Lagerstroemia speciosa)*Melaleuca leucodendron*
Durio zibenthinus)
Artocarpus heterophyllus)
Leucaena leucocephala)
Fracaso en todos los casos. ¿Por alelopatía de *M. leucodendron*?

KENYA

Cupressus lusitanica *Dombeya (?goetzenii)* **Streets, 1962**

Grevillea robusta **Graham 1949**
Compite en condiciones de igualdad hasta la edad de 15 años, pero ha de ser objeto de un intenso aclareo pues la extensión de las copas produce la curvatura del fuste en el ciprés.

MALASIA (occidental)

Flindersia brayleyana en bosques secundarios de gran altura **Streets, 1962**
Swietenia macrophylla *Gmelina arborea* **Streets, 1962**

Swietenia macrophylla *Albizia falcataria* **Streets, 1962**

Teca *Leucaena leucocephala* **Ng y otros, 1962**
Araucaria hunsteinii " "
Parece indicada para la lucha contra *Imperata* en lugares más fértiles.

MYANMAR

Tectona grandis *Pterocarpus macrocarpus* **Streets, 1962**

NEPAL

Schima wallichii *Pinus roxburghii* **Gilmour y otros, 1990**

y otras especies autóctonas de frondosas por regeneración natural.

NUEVA CALEDONIA

Agathis lanceolata *Acacia mearnsii* **CTFT, 1990**
Albizia falcataria
Plantas gramíneas
Especies de frondosas
Experimento realizado en 1978. *Agathis* crece bien a la sombra de *Albizia* o *Acacia*.

Agathis moorei	*Acacia mangium*	**CTFT, 1991**
	Albizia falcataria	
	Casuarina equisetifolia	
	Leucaena leucocephala	

Experimento realizado en 1981. La elevada mortalidad y escaso crecimiento de *A, moorei* se atribuyen a las condiciones del suelo.

Santalum austrocaledonicum		
"	*Pinus caribaea*	**CTFT, 1991**
"	*Arillastrum gummiferum*	
"	*Araucaria excelsea*	
"	*Araucaria luxurians*	
"	*Leucaena leucocephala*	
"	*Dalbergia sissoo*	
"	*Albizia falcataria*	
"	*Acacia auriculiformis*	
"	*Khaya senegalensis*	
"	*Tipuana tipu*	
"	*Acacia spirorbis*	
"	*Albizia lebbeck*	
"	*Casuarina equisetifolia*	
"	*Casuarina deplancheana*	
"	*Casuarina stricta*	
	Agathis ovata	

Experimento realizado en 1980. Se consiguieron buenos resultados con *Albizia falcataria, Khaya senegalensis, Acacia spirorbis, Albizia lebbeck* y *Casuarina spp*. Los resultados fueron desfavorables en la mezcla de *Pinus caribaea* y *Araucaria spp*.

Agathis lanceolata	*Albizia falcataria*	**CTFT, 1991**

Experimento realizado en 1986.

Araucaria subulata	*Albizia falcataria*	**CTFT, 1991**

Experimento realizado en 1986.

NIGER

Acacia tortilis	**CTFT, 1991**
Acacia nilotica	
Balanites aegyptiaca	
Anogeissus leiocarpus	
Dalbergia sissoo	

Experimento realizado en 1984. 8 parcelas de 25 árboles, 5 de cada especie, plantados al azar.

NIGERIA

Azidarachta indica	*Crotolaria striata*	**MacGregor, 1934**

A los 4 meses el crecimiento en altura se reduce en la mezcla casi el 50%, de 4,04m a 2,4m.

Chlorophora excelsa	Teca	**MacGregor, 1934**

Cola cordifolia	Teca	**MacGregor, 1934**

Sofocada, pero sana y con una supervivencia del 80%; introducida para modificar los efectos negativos sobre el suelo.

Erythrophleum ivorense — *Nauclea diderrichii* — **Henry, 1960**
Resultado insatisfactorio.

Khaya grandifoliola — Teca — **MacGregor, 1934**
A la edad de 20 años, altura muy superior a la de la teca (21 m). Mezcla satisfactoria.

K. grandifoliola — *Triplochiton scleroxylon* — **MacGregor, 1934**
Dominada por *T. scleroxylon*, que ha de ser objeto de un aclareo.

K. senegalensis — *Dalbergia sissoo* — **MacGregor, 1934**
Ataques de hongos contra *D. sissoo*

K. senegalensis — Teca — **MacGregor, 1934**
Graves daños causados por el gusano barrenador en *Khaya*

Lophira alata — Teca — **Henry, 1960**
Resultado insatisfactorio.

Mansonia altissima — *Crotolaria striata* — **MacGregor, 1934**

La mezcla de *Mitragyna ciliata* sólo es satisfactoria en zonas de baja altitud. **Henry, 1960**

Tectona grandis — *Cassia siamea* — **Streets, 1962**

FILIPINAS

Tectona grandis — *Leucaena leucocephala* — **Granert y Cadampog, 1980**
Swietenia macrophylla — *L. leucocephala*

SENEGAL

Eucalyptus camaldulensis — *Acacia holosericea* — **CTFT, 1991**
" — *Albizia lebbek*
" — *Anacardium occidentale*
" — *Azadirachta indica*
" — *Cassia siamea*
" — *Casuarina equisetifolia*
" — *Prosopis chilensis*

Experimento realizado en 1979. La única mezcla con un crecimiento normal es la de *E. camaldulensis* y *A. indica*.

ISLAS SALOMON

Swietenia macrophylla — *Securinega flexuosa* — **Islas Salomón, 1988b**
Experimento realizado en 1988, con resultados prometedores

Leucaena leucocephala
Forma de *S. macrophylla* que se considera superior, pero *L. leucocephala* está expuesta a los ataques de *Phellinus noxius* y *Heteropsylla cubana*.

Terminalia calamansanai

T. calamansanai tiene una copa demasiado ancha y vigorosa.

Las especies que figuran a continuación no se han ensayado, pero se consideraron inadecuadas por tener una copa demasiado ancha: *Paraserianthes falcataria, Anthocephalus chinensis*.

SRI LANKA

Swietenia macrophylla	*Artocarpus integrifolius*	**Streets, 1962**
Swietenia macrophylla	*Tectona grandis* *Artocarpus integrifolius*	**Muttiah, 1965**

TAIWAN

Taiwania cryptomerioides *Paulownia taiwania*	mezcladas	**Un y otros, 1979**

TANZANIA

Cinamomum camphora	*Juniperus procera*	**Streets, 1962**

TRINIDAD

Tectona grandis — *Copaifera officinalis* — **Bell, 1973**
Cedrela mexicana
Cordia alliodora

todas estas especies tendían a quedar en sombra, por efecto de la presencia de la teca

Hyronima caribaea
Tabebuia serratifolia
Byrsonima spicata
Terminalia obovata

generalmente la regeneración natural se eliminaba en las operaciones de mantenimiento.

UGANDA

Chlorophora excelsa — Eucalipto — **Dawkins, 1949**

Satisfactoria cuando *C. excelsa* se planta en proximidad de las vías de drenaje (lugares de lucha contra la malaria)

Cassia siamea

Excesiva competición radicular

Vernonia amygdalina

No deja en sombra a las gramíneas; carece de valor económico

Harungana madagascariensis

Sensible a la sequía

Markhamia platycalyx

No deja en zona de sombra a las gramíneas, pero es útil desde el punto de vista económico.

Las mezclas que se mencionan a continuación se consideraron un fracaso por razones no especificadas

Artocarpus spp)
Canarium schweinfurthii)
Caucho de Ceará)
Clausena anisata)
Cassia bicapsularis)
Euphorbia tirucalli)
Ficus spp)
Toona serrata)
T. ciliata)

Chlorophora excelsa y *Khaya grandifoliola* — *Phyllanthus discoideus* y *Gmelina arborea*
ha dado buenos resultados en sitios "mejores"

Chlorophora excelsa — Eucalipto — **Streets, 1962**

Mezclas no incluidas en los bancos de datos, que se registraron en el curso de una visita a la CTFT, Nogent sur Marne, en 1991.

Mezcla	País	Período
Acacia auriculiformis/ Eucalyptus camaldulensis	Benin	1986
Acacia auriculiformis/ Leucaena leucocephala	Benin	1986
Eucalyptus tereticornis/ Eucalyptus torreliana	Benin	1986
Eucalyptus tereticornis/ Eucalyptus camaldulensis	Benin	1986
Eucalyptus tereticornis/ Leucaena leucocephala	Benin	1986
Acacia auriculiformis/ Eucalyptus torreliana	Benin	1986
Tectona grandis/ Acacia maconochieana	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Acacia tenuissima	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Acacia tumida	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Anogeissus leiocarpus	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Azadiracta indica	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Cedrela odorata	Benin	1988-1989

Tectona grandis/ Chlorophora excelsa	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Khaya grandifolia	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Khaya senegalensis	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Terminalia ivorensis	Benin	1988-1989
Tectona grandis/ Terminalia superba	Benin	1988-1989
Khaya senegalensis/ Holoptelea grandis	Benin	1988-1989
Khaya grandifolia/ Holoptelea grandis	Benin	1988-1989
Diospyros mespiliformis/ Gmelina arborea	Benin	1988-1989
Chlorophora excelsa/ Afzelia africana	Benin	1988-1989
Afzelia africana/ Acacia amliceps	Benin	1988-1989
Pinus patula/ Callitris spp	Burundi	
Khaya senegalensis/ Dalbergia sissoo	Camerún	1984-1986
Acacia senegalensis/ Khaya senegalensis/ Azadirachta indica	Camerún	1987
Schizolobium parahybum/ Cordia alliodora	Ecuador	1977
Tarrieta utilis/ Khaya ivorensis	Côte d'Ivoire	1926-1960
Triplochyton scleroxylon/ Khaya ivorensis	Côte d'Ivoire	1961-1964
Triplochyton scleroxylon/ Tieghemilla heckelii	Côte d'Ivoire	1961-1964
Triplochyton scleroxylon/ Gmelina spp.	Côte d'Ivoire	1961/1964
Triplochyton scleroxylon/ Terminalia superba	Côte d'Ivoire	1961-1964
Triplochyton scleroxylon/ Tectona grandis	Côte d'Ivoire	1961-1964

Acacia mangium/ Acacia auriculiformis	Côte d'Ivoire	1985-1988
Terminalia superba/ Terminalia ivorensis	Côte d'Ivoire	1985-1989
Terminalia superba/ Tectona grandis	Côte d'Ivoire	1985-1989
Eucalyptus camaldulensis/ Indigofera teysmannii	Madagascar	1951-
Eucalyptus camaldulensis/ Cassia siamea	Madagascar	1951-
Eucalyptus camaldulensis/ Acacia cyanophylla	Madagascar	1951-
Eucalyptus microtheca/ Indigofera teysmannii	Madagascar	1951-
Eucalyptus robusta/ Acacia mangium	Madagascar	1988
Lophira alata/ Swietenia macrophylla	Nigeria	1918-1939
Lophira alata/ Tectona grandis	Nigeria	1918-1939
Tectona grandis/ Lophira alata	Nigeria	1949-1960
Tectona grandis/ Nauclea diderrichii	Nigeria	1949-1960
Tectona grandis/ Lovoa trichilioides	Nigeria	1949-1960
Tectona grandis/ Swietenia macrophylla	Nigeria	1949-1960
Erythrophleum ivorense/ Nauclea diderrichii	Nigeria	1949-1960
Nauclea diderrichii/ Khaya ivorensis	Nigeria	1949-1960
Nauclea diderrichii/ Lovoa trichilioides	Nigeria	1949-1960
Nauclea diderrichii/ Entandrophragma angolense	Nigeria	1949-1960
Nauclea diderrichii/ Entandrophragma cylindricum	Nigeria	1949-1960
Lovoa trichilioides/ Khaya ivorensis	Nigeria	1949-1960
Acacia melanoxylon/ Pinus radiata	Rwanda	

Eucalyptus camaldulensis (microtheca)/ Prosopis juliflora	Senegal	
Eucalyptus camaldulensis (microtheca)/ Acacia holoserica	Senegal	
Eucalyptus spp./ Gmelina arborea	Senegal	1983
Tectona grandis/ Leucaeana glauca	Togo	1910
Tectona grandis/ Khaya senegalensis	Togo	1910
Tectona grandis/ Cassia siamea	Togo	1910
Tectona grandis/ Albizzia zygia	Togo	1910
Tectona grandis/ Erythrophleum guinensii	Togo	1910
Acacia mangium/ Eucalyptus tereticornis	Togo	1982-1988
Acacia auricliformis/ Eucalyptus torreliana	Togo	1982-1988
Eucalyptus tereticornis/ Eucalyptus torreliana	Togo	1988
Eucalyptus saligna/ Markhamia platycalyx	Uganda	1918-1930
Eucalyptus robusta/ Grevillea robusta	Uganda	1960-1965
Eucalyptus robusta/ Cupressus lusitanica	Uganda	1960-1965
Eucalyptus robusta/ Eucalyptus spp.	Uganda	1960-1965
Eucalyptus robusta/ Toona ciliata	Uganda	1960-1965
Aucoumea klaineana/ Cassia siamea	Zaire	1942-1943
Haronga paniculata/ Smithia bequaerti	Zaire	Antes de 1953
Haronga paniculata/ Dodonea viscosa	Zaire	Antes de 1953
Haronga paniculata/ Sesbania spp.	Zaire	Antes de 1953

Eucalyptus spp./ Bridelia ferruginea	Zaire	Antes de 1953
Eucalyptus spp./ Bridelia micrantha	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Bridelia ferruginea	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Sakersia laurentii	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Myrica salicifolia	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Lacnopylis spp.	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Trema spp.	Zaire	Antes de 1953
Smithia bequaerti/ Markhamia spp.	Zaire	Antes de 1953
Dodonea spp./ Bridelia spp.	Zaire	Antes de 1953
Dodonea spp./ Trema	Zaire	Antes de 1953
Dodonea spp./ Haronga spp.	Zaire	Antes de 1953
Markhamia lutea/ Smithia spp.	Zaire	Antes de 1953
Markhamia lutea/ Dodonea spp.	Zaire	Antes de 1953

APENDICE 4

EL SANDALO

Algunas especies de la familia de las santaláceas son hemiparásitos radiculares y, aunque han sido registradas como herbáceas parasitarias y en ocasiones pueden existir sin la presencia de un huésped, la mayor parte de las veces están asociadas con otros árboles y arbustos. Por consiguiente, la plantación mezclada es esencial para el establecimiento y ordenación del sándalo.

El género *Santalum* existe en una amplia zona geográfica.

Australia (1) desde el cabo York hasta Victoria y Australia occidental	*S. spicatum, S. acuminatum, S.lanceolatum, S.murrayanum, S.obtusifolium.* (4)
Nueva Guinea (1)	*S.macgregori*
Nueva Caledonia y Vanuatu (1)	*S.austrocaledonicum*
Islas Fiji (1)	*S.yasi*
Tonga (1)	*S.yasi*
Hawaii (3)	*S.elipticum, S.freycinetianum S.haleakalae, S.paniculatum*
Tahití, Marquesas, Islas Henderson, Islas Australes, Islas Cook, Islas Sociedad (4)	*S.insulare*
Indonesia oriental (1) (en la actualidad casi únicamente en Timor occidental)	*S.album*
India (2) (principalmente en la meseta del Deccan de Karnataka y Tamil Nadu, aunque de hecho existe en toda la India)	*S.album*
Juan Fernández (4)	*S.fernandezianum* (extinguida)

(1) McKinnel (1990)
(2) Rai (1990)
(3) Hirano (1990)
(4) Applegate y otros (1990)

Los troncos de mayor calidad se utilizan para la talla y *S.album* produce los leños de mayor calidad, porque es una madera de granulación fina y tiene un elevado contenido de aceite; en la India alcanza un precio de 9 400 dólares EE.UU. por tonelada. La madera de menor calidad se utiliza como incienso y su precio oscila entre 2 000 y 5 000 dólares EE.UU. por tonelada, aunque las raíces y los leños de *S.spicatum* y *S.album*, con un mayor contenido de aceite, pueden alcanzar los 7 000 dólares EE.UU. por tonelada. Australia abastece a la mayor parte del mercado mundial de incienso a través de Hong Kong y Taiwán. El precio de las astillas y serrín es de unos 2 300 dólares EE.UU. por tonelada. El aceite de sándalo se produce principalmente en la India, donde con una tonelada de duramen de *S.album* se obtienen 60 kg de aceite, cuyo precio de exportación no es inferior a los 1 500 dólares EE.UU. por kg. El principal mercado de dicho aceite son las fábricas de perfumes de Francia y Nueva York (Applegate y otros, 1990).

El rendimiento del aceite de duramen varía en función de la especie (McKinnell, 1990).

5 - 7% *S.album* y *S.yasi*
3 - 6% *S.austrocaledonicum*
2% *S.spicatum*

La densidad de *S.album* es de 930 - 950 kg/m^3.

El rendimiento de aceite de algunas especies como *S.acuminatum* y *S.lanceolatum*, que se encuentran en Australia, es tan bajo que generalmente no se destila aceite de dichas especies (McKinnell, 1990).

La especie más valiosa es *S.album*, que se ha explotado durante muchos siglos en la India, Timor occidental, Sumba y Flores, en Indonesia, y que en la actualidad se está introduciendo en muchos países (por ejemplo, Hawaii (Hirano, 1990), Java y Bali (Applegate y otros, 1990), y Australia occidental (McKinnell, 1990)). Se ha dicho que *S.album* es una especie introducida en la India, pero esta teoría se ha rechazado basándose en que este árbol tiene una presencia muy importante en la literatura y la cultura de la India (Rai, 1990).

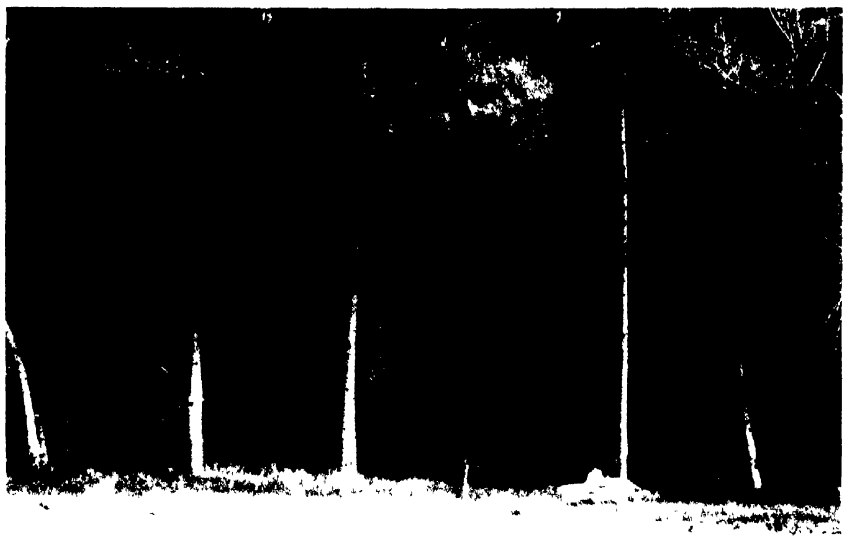
Existen noticias de la utilización del sándalo en la India hace 4 000 años (Rai, 1990) y en Hawaii hace 1 500 años (Merlin y Ravenswaay, 1990), pero su explotación se intensificó sensiblemente a raíz de la exploración del Pacífico por los países de Occidente en el siglo XVIII. Hacia 1870, el sándalo había desaparecido prácticamente de muchas de las islas del Pacífico y sólo en épocas recientes se han adoptado medidas para reglamentar la explotación del sándalo, con el fin de preservarlo. En la zona occidental de Australia, aunque la densidad de *S.spicatum* es baja (2/ha), la zona en la que aparece es tan extensa que, a pesar de que en el siglo pasado y en los primeros años del siglo XX su corta se realizó prácticamente sin reglamentación alguna, las existencias son todavía cuantiosas. La historia de la explotación del sándalo en Australia occidental (Stathan, 1990) refleja con precisión las fluctuaciones del comercio de dicho producto. Las exportaciones de *S.spicatum* comenzaron en 1843 y en el período de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX alcanzaron las 9 600 toneladas en el plazo de pocos años. Las exportaciones, que al comenzar los años 20 eran de 14 300 toneladas anuales, disminuyeron a 1 000 toneladas al año, aproximadamente, a finales de los años 30. Se interrumpieron durante la Segunda Guerra Mundial, pero en la actualidad se cifran en unas 1 800 toneladas anuales, con un valor de 11,5 millones de $A en 1989. Aunque la explotación del sándalo está ahora estrictamente reglamentada, se ha calculado que las existencias naturales se agotarán en un plazo de 60 años (McKinnell, 1990). Aproximadamente la mitad de la cosecha de sándalo es de madera muerta, pero se sigue explotando la totalidad del árbol, incluidos el tronco y las raíces, que poseen el contenido más elevado de aceite (McKinnell, 1990). Todavía en 1954, un informe del Departamento Forestal estimaba que los resultados obtenidos de los trabajos experimentales *no* justificaban el cultivo del sándalo en gran escala (Stathan, 1990), pero de todas formas se instó a los cultivadores a sustituir los árboles por nueces de sándalo. Más recientemente, el Instituto de Investigación del Sándalo ha investigado la posibilidad de introducir *S.album*, cuya rotación se cree que será de 30 años, frente a la rotación de 60-80 años de *S.spicatum*; estos ensayos son prometedores (McKinnell, 1990).

Santalum spp. se adapta a una gran variedad de suelos, temperaturas (de 0°C a 40°C) y precipitaciones (de 500 a 3 000 mm) (Neil, 1990). En la India se considera un árbol

de bosques caducifolios secos y cuando en una zona se produce un aumento de la humedad el sándalo retrocede hacia lugares más secos, pero es una especie sensible al fuego (Rai, 1990). En Queensland se ha señalado que aparece en masas forestales abiertas, pero tiende a ser más común en el perímetro exterior de matorrales de *Melaleuca acacioides* y *Excoecaria parvifolia*, en torno a las líneas de drenaje. En dichos lugares, en el interfaz de los matorrales de *M.acacioides* y de las masas forestales abiertas, la hierba escasea y no se producen los intensos incendios que son comunes en las formaciones forestales abiertas donde existe una densa cubierta herbácea (Applegate y otros, 1990b). En Australia occidental, el sándalo crece en lugares donde las precipitaciones son escasas y su regeneración exige una sucesión de años húmedos.

El sándalo es un hemiparásito radicular que parasita al menos 300 especies de plantas, desde herbáceas hasta árboles; se sabe, asimismo, que parasita a otros sándalos (Rai, 1990). Se adhiere mediante haustorios a su huésped, del que obtiene N, P y aminoácidos básicos, mientras que absorbe del suelo Ca y K (Neil, 1990). No existe información sobre los efectos que causa en el huésped, pero no parece que lo debilite. De hecho, es necesario poner el máximo cuidado para que el árbol huésped no sea demasiado vigoroso, pues en tal caso sofocaría al sándalo.

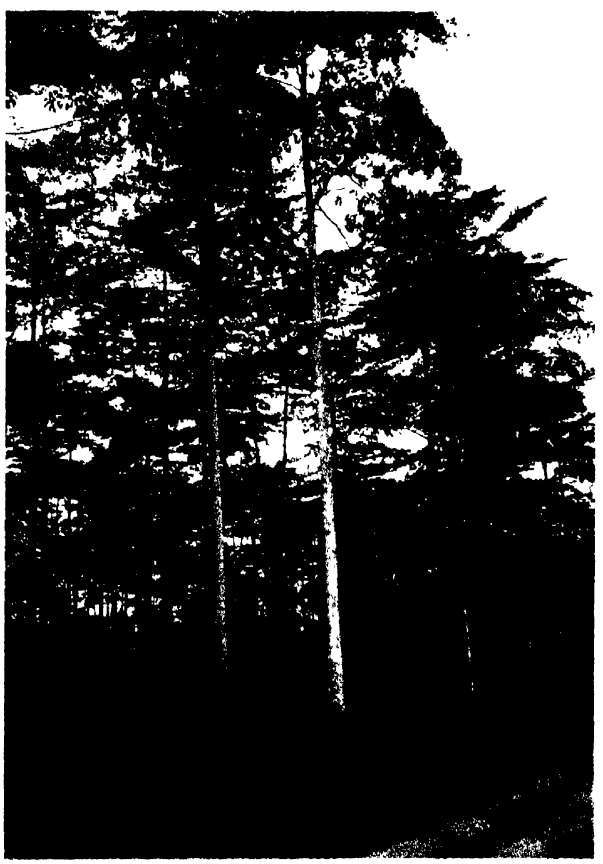
Cuando se cultiva el sándalo en viveros hay que permitir que el plantón se adhiera a su huésped, lo cual se consigue plantando el sándalo y el huésped en la misma maceta (Neil, 1990; Rai, 1990). Ahora bien, en Australia occidental se considera que esta técnica es tan sólo un instrumento de investigación y que el riesgo de interrumpir la unión entre el sándalo y el huésped en el momento de la siembra es demasiado elevado para que pueda aplicarse dicho sistema en la plantación comercial, para la cual se prefiere la siembra directa, pero con la previsión de que solamente el 1 por ciento de la semilla se convertirá en árboles (McKinnell, 1990). En la India, se utiliza un bambú agujereado para realizar la siembra directa (Rai, 1990). A pesar de las indicaciones procedentes de Australia occidental, en varios países se ha llegado a la conclusión de que el sistema que produce mejores resultados para cultivar el sándalo de forma artificial es el de utilizar dos huéspedes. En la fase de vivero se utiliza un primer huésped, que ha de ser un arbusto de escaso crecimiento y vida efímera: *Cajanus cajan* en la India (Rai, 1990), *Sesbania grandiflora, Breynia cerrua, Amaranthus* spp., *Medicago* spp. y tomate, *Calotropis, Capsicum* en Timor (Neil, 1990; McKinnell, 1990), *Alternanthera sessilis* en Vanuatu (Bule y Daruhl, 1990), *Gastrolobium microcarpum* y *Acacia pulchella* en la zona triguera de Australia occidental y *Atriplex rhagodioides, Cratystylis subspinescens* y *Mariana polysterygia* en la zona árida (McKinnell, 1990). *M. polysterygia* es considerado como un huésped particularmente adecuado porque al poseer espinas protege frente al ramoneo, al que es especialmente vulnerable el sándalo. Al plantar el sándalo, la plántula debe establecerse cerca de un huésped secundario perenne, para lo cual se plantan el sándalo y el huésped primario en filas alternas con un huésped secundario a una distancia de dos o tres metros (Rai, 1990). Entre las especies secundarias que se recomiendan figuran *Albizia* spp, las acacias (particularmente *A. nilotica*) y otras leguminosas como *Bauhinia biloba, Dalbergia sissoo* y *Terminalia* spp. en la India (Neil, 1990); *Casuarina equisetifolia, Pongamia pinnata, Melia azedarach, Wrightia tinctoria* y *Cassia siamea* (Rai, 1990), pero *Cassia fistula* y *Acacia auriculiformis* son considerados como huéspedes indiferentes (Ananthia y otros, 1988); en Nueva Caledonia se recomienda utilizar *Albizia falcataria, A. lebbek, Acacia spirorbis, Dalbergia* spp., *Casuarina* spp. y *Khaya senegalensis*, pero *Pinus caribaea* y *Araucaria* spp. no dan resultados satisfactorios (CTFT, 1991); *Acacia acuminata* y *A. aneura* han dado buenos resultados en Australia occidental (McKinnell, 1990).



1. *Acacia mearnsii* en Kenya. Plantación industrial para la obtención de tanino, carbón vegetal, postes y leña. Espaciamiento reducido y sotobosque escaso. CSIRO.

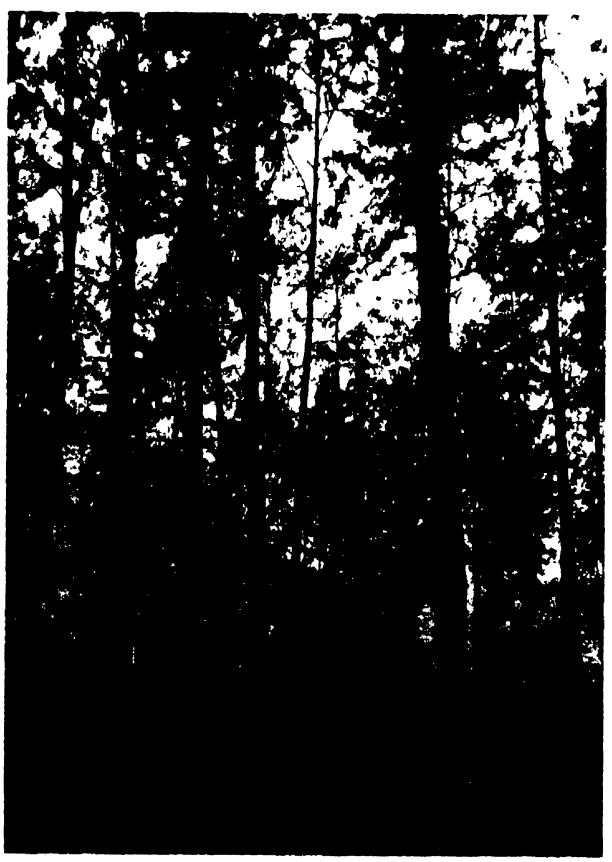
2. Rebrote de cepas de una masa pura de *Eucalyptus globulus* a partir de los tocones plantados en 1863. Ausencia de sotobosque, pese a que se trata de una masa clara. Tamil Nadu, India. CSIRO.

3. Mezcla de *Tarrieta utilis* y *Khaya* spp. (25 años) en Yapo, Côte d'Ivoire. CTFT



4. Rodal puro de *Terminalia superba* (8 años). Aunque la distancia entre los árboles es escasa, se ha desarrollado el sotobosque. Tene, Côte d'Ivoire. CTFT

5. Masa pura de *Maesopsis eminii* (19 años). En esta masa clara y con escasa densidad de copas se ha formado un vigoroso estrato inferior. Anguededou, Côte d'Ivoire. CTFT.



6. Masa pura de *Pinus caribaea* (22 años). El aclareo períodico ha permitido la formación de un denso sotobosque.
Yapo, Côte d'Ivoire. CTFT.

7. Mezcla joven de teca y *Terminalia superba* (3 años). Tene, Côte d'Ivoire. CTFT.

8. Masa pura de teca (de unos 12 años) en Navagotha, Sri Lanka. Ausencia de sotobosque; las hojas caídas sirven de combustible para los incendios durante la estación seca. F. Ng.

9. Mezcla de teca, *Swietenia macrophylla* y *Artocarpus heterophyllus* (unos 80 años). Sundapola, Sri Lanka. F.Ng

10. Regeneración de caoba, que tenderá a dominar la composición de especies de esta plantación mezclada. Sundapola, Sri Lanka. F.Ng.

CUADERNOS TECNICOS DE LA FAO

ESTUDIOS FAO: MONTES

1 Manual sobre contratos de aprovechamiento de bosques en tierras públicas, 1977 (E F I)
2 Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento, 1978 (E F I)
3 Lista mundial de escuelas forestales, 1977 (E/F/I)
3 Rev. 1. Lista mundial de escuelas forestales, 1981 (E/F/I)
3 Rev. 2. Lista mundial de escuelas forestales, 1986 (E/F/I)
4/1 La demanda, la oferta y el comercio de pasta y papel en el mundo – Vol. 1, 1977 (E F I)
4/2 La demanda, la oferta y el comercio de pasta y papel en el mundo – Vol. 2, 1978 (E F I)
5 La comercialización de las maderas tropicales, 1977 (E I)
6 National parks planning, 1976 (E** F I)
7 Actividades forestales en el desarrollo de comunidades locales, 1984 (Ar E F I)
8 Técnica de establecimiento de plantaciones forestales, 1978 (Ar C E F I*)
9 Las astillas de madera: su producción y transporte, 1978 (C E I)
10/1 Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos – 1 Principios y metodología, 1978 (E F I)
10/2 Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos – 2 Recolección de datos y cálculos, 1978 (E F I)
11 Savanna afforestation in Africa, 1977 (F I)
12 China. forestry support for agriculture, 1978 (I)
13 Precios de productos forestales 1960-1977, 1979 (E/F/I)
14 Mountain forest roads and harvesting, 1979 (I)
14 Rev 1 Logging and transport in steep terrain, 1985 (I)
15 AGRIS forestal· catálogo mundial de los servicios de información y documentación, 1979 (E/F/I)
16 China: industrias integradas de elaboración de la madera, 1979 (E F I)
17 Análisis económico de proyectos forestales, 1980 (E F I)
17 Sup 1 Análisis económico de proyectos forestales· estudios monográficos, 1982 (E I)
17 Sup. 2. Economic analysis of forestry projects readings, 1980 (C I)
18 Precios de productos forestales 1960-1978, 1980 (E/F/I)
19/1 Pulping and paper-making properties of fast-growing plantation wood species – Vol. 1, 1980 (I)
19/2 Pulping and paper-making properties of fast-growing plantation wood species – Vol 2, 1980 (I)
20 Mejora genética de árboles forestales, 1980 (C E F I)
20/2 Guía para la manipulación de semillas forestales, 1991 (E I)
21 Suelos de las regiones tropicales húmedas de tierras bajas – efectos causados por las especies de crecimiento rápido, 1984 (E F I)
22/1 Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento - Vol. 1 Estimación del volumen, 1980 (C E F I)
22/2 Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento - Vol. 2. Predicción del rendimiento, 1980 (C E F I)
23 Precios de productos forestales 1961-1980, 1981 (E/F/I)
24 Cable logging systems, 1981 (C I)
25 Public forestry administrations in Latin America, 1981 (I)
26 La silvicultura y el desarrollo rural, 1981 (E F I)
27 Manual of forest inventory, 1981 (F I)
28 Aserraderos pequeños y medianos en los países er desarrollo, 1982 (E I)
29 Productos forestales: oferta y demanda mundial 1990 y 2000, 1982 (E F I)
30 Los recursos forestales tropicales, 1982 (E F I)
31 Appropriate technology in forestry, 1982 (I)
32 Clasificación y definiciones de los productos forestales, 1982 (Ar/E/F/I)
33 La explotación maderera de bosques de montaña, 1984 (E F I)
34 Especies frutales forestales, 1982 (E F I)
35 Forestry in China, 1982 (C I)
36 Tecnología básica en operaciones forestales, 1983 (E F I)
37 Conservación y desarrollo de los recursos forestale tropicales, 1983 (E F I)
38 Precios de productos forestales 1962-1981, 1982 (E/F/I)
39 Frame saw manual, 1982 (I)
40 Circular saw manual, 1983 (I)
41 Métodos simples para fabricar carbón vegetal, 1983 (E F I)
42 Disponibilidades de leña en los países en desarrollo 1983 (Ar E F I)
43 Ingresos fiscales procedentes de los montes en los países en desarrollo, 1987 (E F I)
44/1 Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos – 1. Ejemplos de Africa oriental, 1984 (E F I)
44/2 Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos – 2. Ejemplos del Asia sudoriental, 1985 (E F I)
44/3 Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos – 3. Ejemplos de América Latina, 1987 (E I)
45 Establishing pulp and paper mills, 1983 (I)
46 Precios de productos forestales 1963-1982, 1983 (E/F/I)
47 La enseñanza técnica forestal, 1991 (E F I)
48 Evaluación de tierras con fines forestales, 1985 (C E F I)
49 Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas, 1984 (E F I)
50 Changes in shifting cultivation in Africa, 1984 (F I)
50/1 Changes in shifting cultivation in Africa – seven case-studies, 1985 (I)
51/1 Studies on the volume and yield of tropical forest stands – 1. Dry forest formations, 1989 (F I)
52/1 Cost estimating in sawmilling industries: guidelines, 1984 (I)
52/2 Field manual on cost estimation in sawmilling industries, 1985 (I)
53 Ordenación intensiva de montes para uso múltiple en Kerala, 1985 (E F I)
54 Planificación del desarrollo forestal, 1984 (E)
55 Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, 1985 (E F I)
56 Breeding poplars for disease resistance, 1985 (I)
57 La madera de coco - Elaboración y aprovechamiento, 1986 (E I)
58 Cuidado y mantenimiento de sierras, 1989 (E I)
59 Efectos ecológicos de los eucaliptos, 1987 (C E F I)

60 Seguimiento y evaluación de proyectos forestales de participación, 1991 (E F I)
61 Precios de productos forestales 1965-1984, 1985 (E/F/I)
62 Lista mundial de instituciones que realizan investigaciones sobre bosques y productos forestales, 1985 (E/F/I)
63 Industrial charcoal making, 1985 (I)
64 Cultivo de árboles por la población rural, 1988 (Ar E F I)
65 Forest legislation in selected African countries, 1986 (F I)
66 Organización de la extensión forestal, 1988 (C E I)
67 Some medicinal forest plants of Africa and Latin America, 1986 (I)
68 Appropriate forest industries, 1986 (I)
69 Management of forest industries, 1986 (I)
70 Terminología del control de incendios en tierras incultas, 1986 (E/F/I)
71 Repertorio mundial de instituciones de investigación sobre bosques y productos forestales, 1986 (E/F/I)
72 El gas de madera como combustible para motores, 1993 (E I)
73 Productos forestales: proyecciones de las perspectivas mundiales 1985-2000, 1986 (E/F/I)
74 Guidelines for forestry information processing, 1986 (I)
75 An operational guide to the monitoring and evaluation of social forestry in India, 1986 (I)
76 Wood preservation manual, 1986 (I)
77 Databook on endangered tree and shrub species and provenances, 1986 (I)
78 Appropriate wood harvesting in plantation forests, 1987 (I)
79 Pequeñas empresas de elaboración de productos del bosque, 1990 (E F I)
80 Forestry extension methods, 1987 (I)
81 Guidelines for forest policy formulation, 1987 (C I)
82 Precios de productos forestales 1967-1986, 1988 (E/F/I)
83 Trade in forest products: a study of the barriers faced by the developing countries, 1988 (I)
84 Productos forestales: proyecciones de las perspectivas mundiales 1987-2000, 1988 (E/F/I)
85 Programas de estudios para cursos de extensión forestal, 1988 (E/F/I)
86 Forestry policies in Europe, 1988 (I)
87 Explotación en pequeña escala de productos forestales madereros y no madereros con participación de la población rural, 1990 (E F I)
88 Management of tropical moist forests in Africa, 1989 (F I P)
89 Review of forest management systems of tropical Asia, 1989 (I)
90 Silvicultura y seguridad alimentaria, 1991 (Ar E I)
91 Manual de tecnología básica para el aprovechamiento de la madera, 1990 (E F I) (Publicado solamente en la Colección FAO: Capacitación, N° 18)
92 Forestry policies in Europe – An analysis, 1989 (I)
93 Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales, 1991 (E I)
94 Manual on sawmill operational maintenance, 1990 (I)
95 Precios de productos forestales 1969-1988, 1990 (E/F/I)
96 Planning and managing forestry research: guidelines for managers, 1990 (I)
97 Productos forestales no madereros: posibilidades futuras, 1992 (E I)
98 Timber plantations in the humid tropics of Africa, 1993 (F I)
99 Cost control in forest harvesting and road construction, 1992 (I)
100 Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo, 1993 (E F I)
101 Ordenación y conservación de los bosques densos de América tropical, 1993 (E F I P)
102 El manejo de la investigación forestal, 1994 (E F I)
103 Plantaciones forestales mixtas y puras de zonas tropicales y subtropicales, 1995 (E F I)
104 Precios de productos forestales 1971–1990, 1992 (E/F/I)
105 Compendium of pulp and paper training and research institutions, 1992 (I)
106 Economic assessment of forestry project impacts, 1992 (F I)
107 Conservation of genetic resources in tropical forest management: Principles and concepts, 1993 (I)
108 A decade of wood energy activities within the Nairobi Programme of Action, 1993 (I)
109 Directory of forestry research organizations, 1993 (I)
110 Deliberaciones de la reunión de expertos sobre investigación forestal, 1993 (E/F/I)
111 Forestry policies in the Near East region. analysis and synthesis, 1993 (I)
112 Evaluación de los recursos forestales de los países tropicales – 1990, 1994 (E F I)
113 *Ex situ* storage of seeds, pollen and *in vitro* cultures of perennial woody plant species, 1993 (I)
114 Análisis de impactos de proyectos forestales· problemas y estrategias, 1995 (E F I)
115 Forestry policies of selected countries in Asia and the Pacific, 1993 (I)
116 Les panneaux à base de bois, 1993 (F)
117 Mangrove forest management guidelines, 1993 (I)
118 Biotechnology in forest tree improvement, 1994 (I)
119 Les produits bois reconstitués, liants et environnement, 1994 (F)
120 Decline and dieback of trees and forests – A global overview, 1994 (I)
121 Ecología y enseñanza rural - Manual para profesores rurales del área andina, 1994 (E)
122 Readings in sustainable forest management, 1994 (E I)
123 Enseñanza forestal - Nuevas tendencias y perspectivas, 1994 (E F I)
124 Forest resources assessment 1990, Global synthesis (E/F/I)
125 Precios de productos forestales 1973-1992, 1995 (E/F/I)
126 Climate change, forest and forest management - an overview, 1995 (I)
127 Valuing forests: context, issues and guidelines, 1995 (I)

Disponibilidad: junio de 1995

Ar – Arabe
C – Chino
E – Español
F – Francés
I – Inglés
P – Portugués

Multil – Multilingüe
* Agotado
** En preparación

Los cuadernos técnicos de la FAO pueden obtenerse en los puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente en la Sección de Distribución y Ventas, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

CHAPITRE IV
Conclusions

1
CONCLUSIONS GENERALES

Si, dans les régions développées, la surface forestière totale semble être restée inchangée dans son ensemble, ou même avoir légèrement augmenté, la situation est très différente dans la plupart des régions en développement Dans ces dernières, la population a augmenté d'environ 2 milliards de personnes, passant de 2 à 4 milliards durant la période 1960-1990. Elle devrait croître encore de quelque 3 milliards et passer de 4 à 7 milliards entre 1990 et 2020 En conséquence, le risque de déforestation dans les pays en développement demeure très grand

Dans la plupart des pays en développement, la capacité institutionnelle actuelle ne permet pas de couvrir les besoins d'information présents et futurs concernant la foresterie et la planification de l'utilisation des terres D'après les résultats de l'étude, dans de nombreux pays, même les données de base relatives à la surface et au type des forêts, à leur potentiel existant et au volume de la récolte, etc sont insuffisantes, voire en grande partie inexistantes Le rôle de **l'information, de la technologie et du transfert des connaissances** sera déterminant pour piloter les changements futurs dans les utilisations des terres avec un minimum de coûts au niveau économique, social et pour l'environnement

Les études portant sur le changement dans l'environnement mondial, notamment le réchauffement de la planète, la déforestation et la perte de diversité biologique, nécessitent des données fiables au plan statistique, cohérentes à l'échelon mondial et dans le temps, et suffisamment détaillées pour fournir une description précise des interactions complexes homme/forêt. Toutefois, la qualité et la quantité des données disponibles varient considérablement d'un pays à l'autre et il y a de nombreuses lacunes dans l'information fournie. En conséquence, les besoins essentiels des chercheurs et des décideurs ne peuvent être couverts de manière satisfaisante. En particulier, les données concernant les changements dans la surface forestière sont trop générales, incomplètes et souvent peu fiables. D'où l'urgence d'établir des normes universellement acceptées, d'encourager un engagement national et de promouvoir la coopération internationale afin d'améliorer la qualité et l'actualité de l'information recueillie.

Le plan d'échantillonnage concernant les pays tropicaux démontre que les données relatives aux changements dans les forêts et l'utilisation des terres peuvent être produites globalement d'une manière rentable, échelonnée dans le temps et cohérente au plan statistique La classification détaillée des terres et l'interprétation indépendante des images fournissent des informations homogènes sur le processus de changement et, du même coup, permettent de mieux comprendre la nature des interactions homme-terre Si elles étaient réalisées à l'échelon mondial et poursuivies dans le temps, ces études constitueraient un appui certain pour les chercheurs et les décideurs s'occupant de l'environnement à l'échelle planétaire, grâce à la description détaillée du processus de changement et à la quantification des paramètres essentiels sur une base fiable Manifestement cette approche n'est pas destinée à remplacer les statistiques nationales mais seulement à fournir des estimations au plan régional et mondial de l'état et du changement du couvert forestier d'une manière permettant les comparaisons dans l'espace et dans le temps.

Enfin, il faut que les gouvernements et les organismes responsables reconnaissent que la condition requise pour des activités de complément efficaces — dans le domaine des ressources forestières — de la CNUED et d'autres réunions de haut niveau, comme le Comité des forêts, les conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe, etc. est la fourniture de données fiables et détaillées sur les ressources forestières nécessaires pour l'élaboration des politiques; et que ces informations ne seront disponibles que si les activités d'inventaire et d'évaluation bénéficient d'un financement suffisant et jouissent d'un bon appui politique. A quelques exceptions près, cela n'est pas le cas aujourd'hui au niveau national, et cela n'est manifestement pas le cas au niveau international.